



UNIIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS AMBIENTAIS

ARMANDO JOSÉ GOMES FILHO

**EMPACOTAMENTO DE FILTRO DE DESSALINIZADOR DO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO PARA AVALIAÇÃO DA *Moringa oleifera* Lam.
COMO BIOSORVENTE**

Recife, 28 de Fevereiro de 2019

ARMANDO JOSÉ GOMES FILHO

**EMPACOTAMENTO DE FILTRO DE DESSALINIZADOR DO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO PARA AVALIAÇÃO DA *Moringa oleifera* Lam.
COMO BISSORVENTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais da Universidade Católica de Pernambuco como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais.

Área de Concentração: Desenvolvimento em Processos Ambientais

Linha de Pesquisa: Biotecnologia e Meio Ambiente

Orientadora: Profa. Dra. Arminda Saconi Messias

Co-orientador: Prof. Hilário Jorge Bezerra de Lima Filho

Recife, 28 de Fevereiro de 2019

Gomes Filho, A. J.

Empacotamento de filtro de dessalinizador do semiárido pernambucano para avaliação da *Moringa oleifera* Lam. como bioissorvente.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação. Curso de Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 2019. 70 páginas.

1. Moringa. 2. Filtro de dessalinizador. 3. Semiárido pernambucano. 4. Bioissorvente. 5. Dessalinizadores. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Processos Ambientais. Centro de Ciências e Tecnologia.

**EMPACOTAMENTO DE FILTRO DE DESSALINIZADOR DO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO PARA AVALIAÇÃO DA *Moringa oleifera* Lam.
COMO BIOSSORVENTE**

ARMANDO JOSÉ GOMES FILHO

Examinadores:

Profa. Dra. Arminda Saconi Messias (Orientadora)
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP

Profa. Dra. Galba Maria de Campos Takaki
Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP

Dr. José de Paula Oliveira
Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus amados pais Armando José Gomes e Conceição de Maria Jesus S. Gomes, às minhas irmãs Conceição, Solange, Simone, Etiêr, Flávia e Maria José, aos meus filhos Sâmara e Lucas Gabriel, aos meus sobrinhos Emily e Armando Mateus, e a todos que formam esta maravilhosa família, impregnada de amor, dedicação e respeito ao próximo; valores ministrados e vivenciados por meus pais, que forjaram o caráter e a personalidade dos filhos e netos.

AGRADECIMENTOS

A DEUS Maravilhoso, que está no controle da minha vida e nos momentos laboriosos desta jornada, fortalecendo-me integralmente, dando-me sabedoria no caminhar em frente, refletindo os desafios, vendo-os como degraus rumo à vitória; logo, posso erguer minha voz e dizer: *“até aqui o Senhor tem me ajudado”*.

A minha profunda gratidão à orientadora Profa. Dra. Armanda Saconi Messias, por me incentivar e orientar, sem restrições. Uma orientadora no sentido genuíno da palavra, acolhendo-me em um de seus projetos. Sem a mesma, eu não conseguiria chegar ao final desejado.

A minha gratidão ao co-orientador Prof. Dr. Hilário Jorge Bezerra de Lima Filho e ao Prof. Dr. Sergio Carvalho de Paiva, que sempre se mostraram dispostos a ensinar, mesmo em meio a tantos afazeres. Sem eles seria complicado chegar ao final desejado dessa dissertação..

A minha gratidão aos companheiros de laboratório, os bachareis em Engenharia Arthaxerses Carneiro Nascimento da Silva, Renan Bispo dos Santos e Myllena Maria F. Carvalho, que me apoiaram somando forças e dividindo as tarefas inerentes a esse serviço.

Sou grato aos meus companheiros do mestrado, José Bezerra, Israel Gonçalves e Almir Pires que compartilharam comigo seus conhecimentos nos momentos mais difíceis desta jornada.

À CAPES, pela concessão da bolsa, apoio financeiro necessário à formação do mestrando.

Ao IPA, parceiro especial, pelo apoio na execução das atividades dessa dissertação.

À FACEPE, parceira especial, contribuindo diretamente para a dissertação.

E, finalmente, agradeço de todo coração à Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP, pela minha formação no Mestrado e pela disponibilidade dos laboratórios sempre que necessário.

Enfim, ninguém vence sozinho,... MINHA GRATIDÃO A TODOS que colaboraram direta ou indiretamente.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I	15
1.1 Introdução	16
1.2 Objetivo	18
1.2.1 Objetivo geral	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 Revisão de Literatura	18
1.3.1 <i>Moringa oleifera</i> Lam	18
1.3.2 Sorção	20
1.3.3 Dessalinizadores	22
1.3.3.1 Osmose reversa	22
1.3.3.2 Filtros	24
1.3.3.3 Rejeito de dessalinizadores	26
REFERÊNCIAS.....	29
CAPÍTULO II	32
Resumo.....	32
1. Introdução	34
2. Material e Métodos	35
3. Resultados e Discussão.....	35

4. Conclusão	47
Agradecimentos.....	48
Referências	48
CAPÍTULO III	51
Pedido Nacional de Invenção	52
Dados.....	54
Documentos.....	57
Resumo.....	58
Relatório Descritivo.....	59
Reivindicações.....	62
Extrato Bancarário.....	63
Lista Completa de Inventores.....	64
Anexos.....	66
CAPÍTULO IV	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 - <i>Moringa oleifera</i> Lam.....	19
Figura 2 - Esquema do Sistema de Osmose Reversa	23
Figura 3 - Membrana de Osmose Reversa para Dessalinizadores.....	24

CAPÍTULO II

Figura 1. pH dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (* = diferença significativa).....	36
Figura 2. Condutividade Elétrica dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (* = diferença significativa).....	37
Figura 3. Sódio (Na) dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (* = diferença significativa).....	39
Figura 4. Potássio (K) dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (* = diferença significativa).....	40
Figura 5. Cálcio (Ca) dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (* = diferença significativa)	41
Figura 6. Magnésio (Mg) dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (* = diferença significativa).....	41
Figura 7. Cloreto (Cl) dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (* = diferença significativa).....	42

CAPÍTULO III

Figura 1 - Vista Frontal do Protótipo.....	66
Figura 2 - Vista Direita do Protótipo.....	66
Figura 3 - Vista Superior do Protótipo.....	67
Figura 4 - Vista Superior do Filtro de Empacotamento.....	67
Figura 5 - Vista Isométrica do Protótipo.....	68

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos do rejeito utilizado no experimento..... 27

CAPÍTULO II

Tabela 1. Cinética do pH dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (<i>Moringa</i> com e sem casca)*.....	36
Tabela 2. Análise da variância do pH (grupos vs. residual).....	37
Tabela 3. Cinética de pH - Comparação testemunha vs amostras (<i>Moringa</i> com e sem casca)*.....	37
Tabela 4. Cinética do CE dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (<i>Moringa</i> com e sem casca)*.....	38
Tabela 5. Análise da variância do CE (grupos vs. residual).....	39
Tabela 6. Cinética de CE - Comparação testemunha vs amostras (<i>Moringa</i> com e sem casca)*.....	39
Tabela 7. Cinética do sódio dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (<i>Moringa</i> com e sem casca)*.....	43
Tabela 8. Análise da variância do sódio (grupos vs. residual).....	43
Tabela 9. Cinética de Na - Comparação testemunha vs amostras (<i>Moringa</i> com e sem casca)*.....	43
Tabela 10. Cinética do potássio dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (<i>Moringa</i> com e sem casca)*.....	44
Tabela 11. Análise da variância do potássio (grupos vs. residual).....	44

Tabela 12. Cinética do K - Comparação testemunha vs amostras (<i>Moringa</i> com e sem casca)*	44
Tabela 13. Cinética de cálcio dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (<i>Moringa</i> com e sem casca)*	45
Tabela 14. Análise da variância de cálcio (grupos vs. residual).....	45
Tabela 15. Cinética de cálcio - Comparação testemunha vs amostras (<i>Moringa</i> com e sem casca)*	45
Tabela 16. Cinética do magnésio dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (<i>Moringa</i> com e sem casca)*	46
Tabela 17. Análise da variância do magnésio (grupos vs. residual).....	46
Tabela 18. Cinética de Mg - Comparação testemunha vs amostras (<i>Moringa</i> com e sem casca)*	46
Tabela 19. Cinética do cloreto dos extratos obtidos com o rejeito em contato com as sementes de <i>Moringa oleifera</i> (<i>Moringa</i> com e sem casca)* ..	47
Tabela 20. Análise da variância de cloreto (grupos vs.residual).....	47

RESUMO

No Nordeste brasileiro o enfrentamento da escassez de água de qualidade está sendo realizado através da dessalinização de águas salobras, visando possibilitar condições de usos mais nobres. A dessalinização da água salobra ocorre através do dessalinizador pelo processo de osmose reversa, que produz água doce e rejeito altamente concentrado em sais. Nesse sentido, estudos foram realizados dimensionando, construindo e avaliando protótipo de colunas de leito fixo com a *Moringa oleifera* Lam. como adsorvente e a fluidodinâmica na remoção de sais presentes no rejeito oriundo de dessalinizadores do semiárido pernambucano. Para isso, as sementes de *Moringa* foram coletadas e preparadas conforme os tratamentos: Sem semente (testemunha), Semente inteira com e sem casca, Semente triturada com e sem casca, Semente moída com e sem casca, com cinco repetições. As doses foram equivalentes a 2,0 g da semente da moringa para 200 mL de rejeito, com tempo de contato correspondente a 30, 60, 120 e 180 minutos, em delineamento estatístico inteiramente casualizado, em condições de laboratório, com um total de 140 unidades experimentais. No final do experimento foram realizadas as análises físico-química e estatística através da análise de variância (ANOVA), utilizando-se o teste F, com intervalo de confiança de 95 %. Observou-se a partir dos testes laboratoriais realizados que as sementes com casca, moída ou triturada, tem potencial significativo no tratamento do rejeito. Em 30 minutos de contato com o rejeito a redução de sódio foi de 98 %, da dureza (cálcio e magnésio) e do cloreto de 4 %. Na segunda etapa, o filtro foi empacotado com a *Moringa oleifera* com casca triturada cujo extrato foi coletado a cada cinco minutos até 60 minutos. Após a análise físico-química, os dados estatísticos demonstraram que cinco minutos de contato foi suficiente para a remoção do sódio, cálcio, magnésio e cloreto, possibilitando ao rejeito uma possível aplicabilidade na agricultura.

Palavras-chave: Moringa. Filtro de dessalinizador. Semiárido pernambucano. Biossorvente.

ABSTRACT

In northeastern Brazil, coping with the scarcity of quality water is being carried out through the desalination of brackish waters, aiming to enable conditions of more noble uses. The desalination of brackish water occurs through the Desalinizer by the reverse osmosis process, which produces fresh water and a highly concentrated reject in salts. In this sense, studies were carried out by dimensioning, constructing and evaluating the prototype of fixed bed columns with *Moringa oleifera* Lam. As adsorbent and fluid dynamics in the removal of salts present in the withdrawal from the Semiarid desalinators Pernambuco. For this, *Moringa* seeds were collected and prepared according to the treatments: no seed (control), whole seed with and without bark, crushed seed with and without bark, ground seed with and without bark, with five replications. The doses were equivalent to 2.0 g of the *Moringa* seed to 200 ML of reject, with contact time corresponding to 30, 60, 120 and 180 minutes, in a completely randomized statistical design, under laboratory conditions, with a total of 140 units Experimental. At the end of the experiment, the physicochemical and statistical analyses were performed by analysis of variance (ANOVA), using the F test, with a confidence interval of 95%. It was observed from the laboratory tests performed that the seeds with bark, ground or crushed, have significant potential in the treatment of the reject. In 30 minutes of contact with the reject the sodium reduction was 98%, the hardness (calcium and magnesium) and the chloride of 4% enough to change the physicochemical properties, making it suitable for consumption. In the second stage, the filter was packaged with *Moringa oleifera* with crushed bark whose extract was collected every 5 minutes up to 60 minutes. After the physicochemical analysis, the statistical data showed that 5 minutes of contact was sufficient for the removal of sodium, calcium, magnesium and chloride, allowing the reject a possible applicability in agriculture.

Keywords: *Moringa*. Desalination filter. Semiarid Pernambucano. Biosorbent.

CAPÍTULO I

1.1 Introdução

Segundo Cavalcante (2012), problematizar a escassez de água num planeta que possui 75 % de sua superfície coberta por água parece sem fundamento, mas, a maior parte dessa massa líquida encontra-se nos oceanos e mares, água salgada imprópria para o consumo humano e para a produção de alimentos. Embora, 75 % da superfície da Terra esteja coberta por uma massa líquida, a água doce representa em torno de 3 % desse total. Vale salientar que, apenas um terço desta água doce é acessível e está presente nos rios, lagos, lençóis freáticos de superfície e na atmosfera. O restante está concentrado nas geleiras, calotas polares e lençóis freáticos profundos.

Portanto, deve-se considerar a água como um bem público de uso bastante restrito. Sabe-se que esta é a substância mais abundante do planeta, todavia apenas 0,3 % do total é disponível para o consumo humano. A água está distribuída de forma desigual, além da poluição causada pela intensa atividade antrópica comprometendo sua qualidade, e a falta de gestão ambiental e pública adequadas agravam a situação e prejudicam o acesso da população, particularmente no semiárido nordestino (OLIVEIRA et al., 2017).

Esse quadro complexo provoca milhares de óbitos anualmente, devido à carência de água ou ao consumo de péssima qualidade, provocando muitas doenças combatidas nos países desenvolvidos. Assim, observa-se que a água é um bem que permite o controle e a prevenção de doenças, a manutenção de hábitos higiênicos adequados e a redução da mortalidade, devendo ser protegida e fornecida com qualidade à população (CAVALCANTE, 2012).

Em relação ao Brasil, há uma maior disponibilidade de água potável, com cerca de 11 % do total de água doce. Porém, trata-se de uma falsa abundância, pois, também, essa água é mal distribuída. A sua maior parte encontra-se na região Norte, zona menos habitada e com solos pouco agricultáveis. As regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste dividem a quantidade restante, sendo que essa última é a que mais sofre com os problemas de escassez de água (PENA, 2017).

Portanto, promover com assiduidade o abastecimento de água potável, bem como o saneamento básico, é um dos aspectos fundamentais, que geram repercussões profundas sobre a saúde da comunidade, pois, mesmo em centros urbanos de médio e grande portes a operação de sistemas públicos de abastecimento de água ainda é marcada pela falta de uma abordagem mais científica, sofrendo, frequentemente, de precariedade e ineficiência com graves reflexos sobre a qualidade da água e sobre a saúde da população (WHO, 2011; PLANETA ÁGUA, 2017).

Nas zonas rurais difusas dessas áreas a situação é bem pior, sendo o abastecimento provido por carros-pipa e por águas provenientes de nascentes, barreiros, cisternas, poços, cacimbas, pequenos açudes e tanques de pedras que armazenam água da chuva. Nas zonas urbanas do Brasil, os domicílios são abastecidos com águas tratadas em estações de tratamento (ETA) as quais, em torno de 70 % das cidades (principalmente nas regiões sul e sudeste), operam em ciclo completo, constituídas pelas operações unitárias de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação (FUNDAJ, 2018).

Tais tipologias de abastecimento representam perigo à população, pois essas águas, em vista de sua não conformidade com o padrão de potabilidade (BRASIL, 2017), apresentando uma maior probabilidade de ocorrência de surtos de doenças de veiculação hídrica, além de ferirem o senso estético da população levando a objeções ao seu consumo.

De acordo com Menezes, Campos e Costa (2012), para enfrentar a escassez de água de qualidade no Nordeste brasileiro, nas últimas décadas, vem-se utilizando a dessalinização de águas salobras, visando possibilitar condições de usos mais nobres.

A dessalinização de águas, no entanto, exige, elevados investimentos e recursos tecnológicos complexos. Uma solução simples e eficiente para as comunidades do semiárido nordestino é a dessalinização das águas salobras pelo contato com materiais biológicos que adsorvem sais, reduzindo a salinidade da água, mesmo que sua aplicação seja mais adequada para pequenas quantidades, suficientes para a dessedentação humana.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Dimensionar, construir, empacotar e avaliar protótipo de coluna de leito fixo com a *Moringa oleifera* Lam. como adsorvente, para remoção de sais presentes no rejeito oriundo de dessalinizadores do semiárido pernambucano.

1.2.2 Objetivos específicos

- Coletar e preparar as sementes de *Moringa oleifera* para serem utilizadas no experimento;
- Determinar a capacidade de adsorção da *Moringa* nos diferentes tratamentos com o rejeito de dessalinizador;
- Avaliar a fluidodinâmica da coluna de leito fixo para os diferentes tratamentos com a *Moringa* usada como adsorvente;
- Realizar testes em protótipo de coluna adsorvente em escala piloto;
- Determinar as condições operacionais otimizadas para as colunas adsorventes.

1.3 Revisão de Literatura

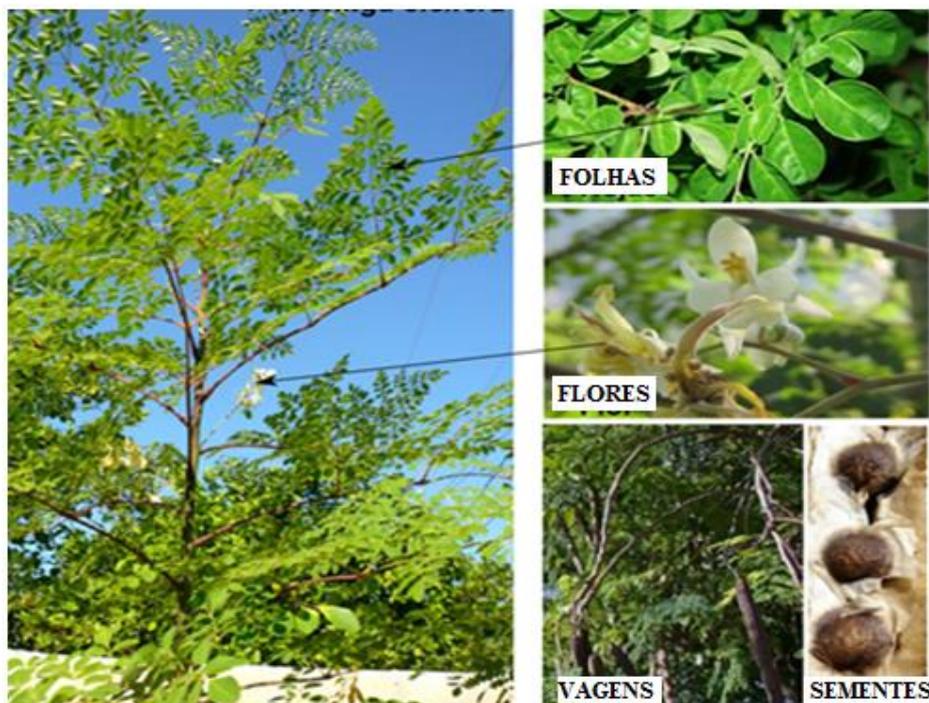
1.3.1 *Moringa oleifera* Lam.

De acordo com Alves (2015), a *Moringa* foi classificada pelo pesquisador francês Jean Baptiste Antonine Pierre de Monet de Lamarck, em 1744, como: família – *Moringaceae*, gênero - *Moringa* e espécie - *Moringa oleifera* Lam., nativa da Índia, presente na Etiópia, Sudão, América Central e Ásia. Espalhou-se pelo mundo, devido ao caráter adaptativo às regiões tropicais, tolerância à seca e crescimento em vários tipos de solo, especialmente no solo argiloso bem drenado e ligeiramente ácido (Figura 1).

A moringa é uma planta arbórea, com longas vagens, sementes aladas, folhas grandes e flores brancas perfumadas. Na África e na Índia, as folhas e as vagens são usadas na alimentação humana, devido aos altos teores de proteínas e vitaminas A e C. As sementes possuem 40 %, em peso de lipídios, o que justifica

a produção de óleo utilizado em equipamentos delicados como relógios, bem como na indústria de cosméticos e perfumaria (ALVES 2015).

Figura 1- *Moringa oleifera* Lam.



Fonte: Capturado em www.naturezabela.com.br/2010/12/moringa.html (2019).

A *Moringa oleifera* Lam. foi implantada, em 1950, no Nordeste brasileiro, Maranhão, Piauí e Ceará (COSTA et al., 2013), como planta ornamental, conhecida vulgarmente como “quiabo de quina”, “lírio branco” ou “acácia branca”, com potencial para o tratamento da água, pois, suas sementes são usadas para clarificar, diminuindo a turbidez e a cor aparente.

Esta planta tem alto valor nutritivo e alimentar (folhas, frutos verdes, flores e sementes torradas), forrageiro (folhas, frutos e sementes), medicinal (toda a planta), condimentar (as raízes), melífero (flores) e combustível (madeira e óleo); bem como pode ser utilizada na culinária, na indústria cosmética (óleo das sementes) e no tratamento da água para consumo humano (cotilédones e tegumento das sementes). Além disso, é usada para confecção de cercas, quebra-ventos, tendo um papel ambiental fundamental. (SANTOS et al., 2016; JESUS et al., 2013). Com todas estas qualidades e utilidades, a espécie foi introduzida também em outros países, além do Brasil. (PEREIRA et al., 2014).

Velegol (2012) publicou que uma substância da semente da *Moringa oleifera* é capaz de limpar a água. Porém, os processos eram onerosos, tornando-os inviáveis. Sua equipe começou a desenvolver uma forma simples de usar as sementes para purificar e limpar a água, e que fosse ao mesmo tempo sustentável. O novo estudo concluiu que a utilização de um extrato da semente da planta em conjunto com areia, era capaz de produzir água potável, livre de microrganismos, sedimentos e de tecnologias caras e complicadas.

“O pó da semente carregada negativamente pela proteína mostrou-se eficaz na captura da bactéria Escherichia coli, danificando suas membranas”, comentou a cientista (NOTÍCIAS NATURAIS, 2017).

Várias pesquisas têm sido realizadas mostrando que as sementes são eficazes como biocoagulantes, melhorando as propriedades físico-químicas da água contaminada. A *Moringa oleifera* funciona como coagulante através do mecanismo de adsorção e neutralização (SORIANI, 2015; FRANCO et al., 2012; OLSON; FAHEY, 2011).

Arantes (2014), usando água bruta com 100 uT, verificou, através de Jarrest, eficiência de 92 % na remoção de turbidez, após o tempo de sedimentação de 30 minutos, e de 94 % na remoção da cor aparente. De modo semelhante, Pereira et al. (2014) obtiveram eficiência de remoção em torno de 98%, tanto para turbidez quanto para cor aparente.

Espera-se que o uso de coagulantes naturais no processo de tratamento da água proporcione mais vantagens do que o uso de materiais sintéticos, considerando que os naturais são mais seguros para o consumidor. O custo de utilização de coagulantes naturais é menos oneroso do que o sulfato de alumínio (HENDRAWATI et al., 2016; MORETI et al., 2013).

1.3.2 Sorção

Durante o transporte de contaminantes através do meio poroso não saturado ocorrem interações entre o contaminante e os constituintes do meio poroso que resultam no retardamento do processo de contaminação. Conforme Carbajal (2017) estas interações envolvem processos físicos, químicos e biológicos de difícil separação em efeitos exclusivos de ordem física, química ou biológica, que podem

propiciar o retardamento ou a aceleração do movimento de uma substância química através de um meio poroso na fase sólida, líquida ou gasosa, quanto à degradação desta substância, ou o decaimento de efeitos deletérios da mesma, ao longo do tempo. A maior parte dos processos implica em transferência de massa do contaminante, da fase líquida para a fase sólida (sorção).

Os mecanismos de interação entre o meio poroso e o contaminante, acontecem de forma simultânea, tornando extremamente complexa a identificação exata do mecanismo atuante. O termo sorção refere-se ao fenômeno de transferência de massa do contaminante (íon ou molécula), diluído no fluido percolante, para a superfície da fase sólida do meio poroso, diminuindo a concentração restante do contaminante (CARBAJAL, 2017).

Segundo Bear e Cheng (2010), sorção é o fenômeno no qual parte da massa de uma espécie química presente num líquido (adsorbato) se acumula nos vazios ou sobre parte da matriz sólida do meio poroso (adsorvente). Comumente este fenômeno acontece na interface líquido-sólido do sistema, mas, também, pode ocorrer entre um sólido e a fase gasosa. Estas interações entre o adsorbato e o adsorvente resultam na atenuação ou retardo do processo de contaminação.

Fontes e Selim (2012) propõem que o fenômeno de sorção seja analisado como um mecanismo físico e químico. Sorção física (fisissorção) é um fenômeno reversível onde se observam interações intermoleculares entre o adsorbato e o adsorvente, atingindo rapidamente o equilíbrio. A sorção química (quimissorção) é o mecanismo irreversível pelo qual ocorrem trocas de elétrons entre a parte sólida e a molécula adsorvida.

O mecanismo de sorção é estudado mediante a comparação da concentração de equilíbrio da parcela do contaminante que fica sorvida no sólido, com a concentração de equilíbrio da solução, a uma dada temperatura. A quantificação da sorção é determinada experimentalmente através do ensaio de sorção, também conhecido por: ensaio de equilíbrio em lote, ensaio de batelada ou ensaio Batch Equilibrium Test - BET (FONTES; SELIM, 2012).

1.3.3 Dessalinizadores

Conforme Pereira et al. (2014), a fabricação de um dessalinizador para realizar o processo de osmose reversa, precisa dos seguintes equipamentos:

- Estrutura metálica: a parte que sustenta o equipamento;
- Sistema elétrico: todos os componentes elétricos da instalação, o quadro elétrico, motores etc.;
- Filtros: possuem a capacidade de reter as impurezas através dos elementos filtrantes;
- Bombas: uma bomba para o poço e outra de alta pressão, as “booster”;
- Permeadores: os vasos de pressão, onde se acham as membranas;
- Acessórios: as tubulações, os registros, válvulas etc.

Para a instalação de um dessalinizador por osmose reversa, é preciso ter no sistema componentes para o funcionamento, como uma bomba de alta pressão (“booster”) e o sistema de membranas para a filtragem. A água, após sua passagem o sistema, seguirá dois destinos – parte irá para o pós-tratamento, tornando-se água potável e o restante são as águas residuais (rejeito), descartadas, em geral, no ambiente.

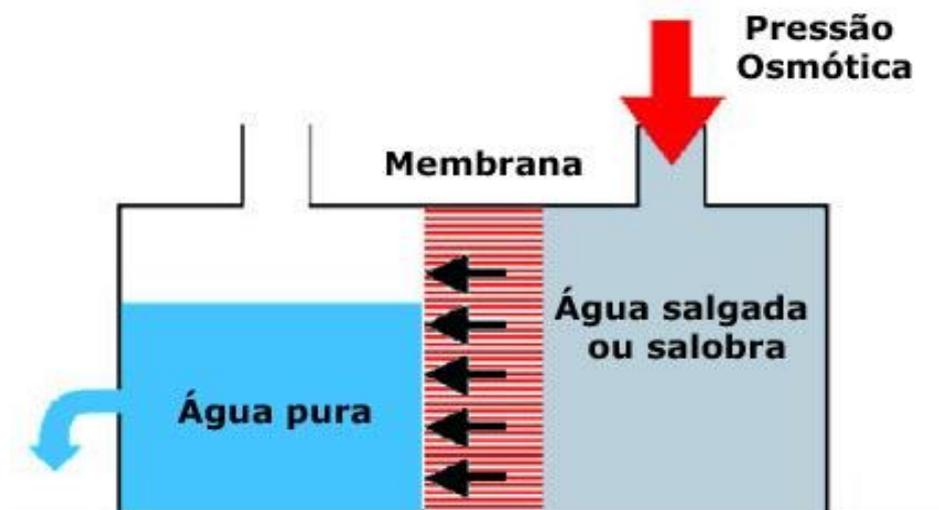
Portanto, a dessalinização, é um processo físico-químico no tratamento de águas para retirar o excesso de sais presentes na água salobra ou salgada, com a finalidade de torná-la potável para consumo humano (VELEGOL, 2012).

1.3.3.1 Osmose reversa

Dos processos experimentados pela humanidade para a dessalinização a osmose reversa é a que atingiu maior utilização e produção em volume de água. Seu método consiste em forçar a passagem de água através de membranas semipermeáveis com a aplicação de pressão externa que supere a pressão osmótica da solução salina (Figura 2).

Assim, os íons ficam retidos na membrana e a água doce é retirada no outro compartimento. O grande problema desse processo é o custo devido aos gastos com energia para aplicação da pressão. A princípio, pressões de 60 a 80 bar são exigidas na osmose reversa da água do mar (SIGNORELLI, 2015).

Figura 2 - Esquema do Sistema de Osmose Reversa



Fonte: Signorelli (2015).

Desta forma, muitos estudos são feitos para encontrar membranas mais eficientes que tenham o diâmetro de abertura seletivo realmente somente aos íons dos sais dissolvidos, de forma que facilitem a permeabilidade da água pura, reduzindo os custos do processo. Um detalhe relevante acerca do método é a necessidade de pré - tratamento para retirar outras impurezas que possam danificar as membranas, como minerais e microrganismos (SIGNORELLI, 2015).

Portanto, na osmose reversa o processo é inverso ao fenômeno natural. Na natureza o fluido passa por uma membrana semipermeável, do meio menos concentrado para o mais concentrado, em busca do equilíbrio entre eles; já a osmose reversa exige um sistema de bombeamento capaz de exercer pressão superior para vencer o sentido natural do fluxo, ou seja, a água salgada ou salobra, do meio mais concentrado, se movimentando no sentido do menos concentrado. Na membrana semipermeável só passa os líquidos, retendo as partículas sólidas. Esse processo é usado pelos dessalinizadores implantados no semiárido pernambucano (PENA, 2017).

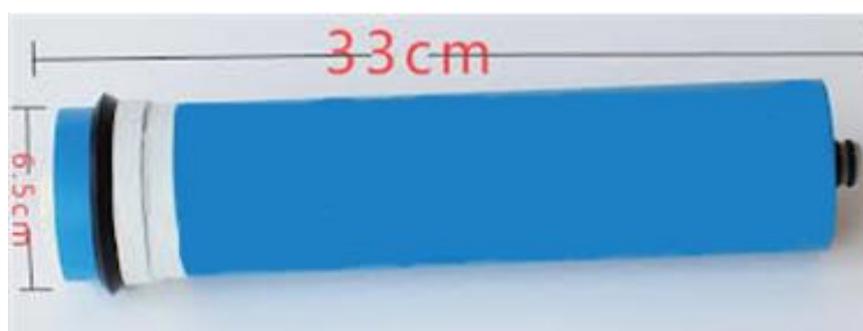
Esse processo visa purificar a água para uso em diversas aplicações: na indústria, na fabricação de água mineral e concentração de sucos, proteínas e vinhos; na área da saúde, nos processos de hemodiálise; na agropecuária, utilizada

na dessedentação de animais; na irrigação e na hidroponia, através da remoção do excesso de sais nocivos às plantas; nas áreas de biotecnologia e geração de energia; e na potabilização da água através da dessalinização de águas salobras (PORTAL MARÍTIMO, 2016).

1.3.3.2 Filtros

De acordo com Torri (2015) um conjunto cilíndrico duplo constitui o filtro, que por sua vez é formado por um invólucro de material inoxidante com membranas poliméricas em sua parte interna. Essas membranas devem ser resistentes para suportar a pressão da água, mesmo que a malha de microporos para reter as menores partículas só tolere a passagem da água. Este sistema necessita de alta pressão ao lado da membrana, a fim de que a água doce ou a água do mar, que tem pressão osmótica natural, seja superada e o processo funcione. Tal processo é utilizado na dessalinização, para purificar as águas de uso medicinal, industrial e outras (Figura 3).

Figura 3 - Membrana de osmose reversa para dessalinizadores



Fonte: Capturado de filtros+de+dessalinizador&oq=filtros+de+dessalinizador (2019).

A filtragem destina-se à separação de partículas sólidas em correntes líquidas ou gasosas. Tem a competência de transportar determinados componentes mais eficazmente, retendo outros que fazem parte da mistura de alimentação. Sem as membranas é impossível o processo de osmose reversa, que pode empregar vários tipos de membranas, como as assimétricas que apresentam

uma estrutura composta por uma película fina de densidade alta, e um substrato poroso do mesmo polímero, que oferece um suporte com a mesma composição química (RODRIGUES; BRENHA, 2014).

A película fina superficial possui a capacidade de rejeitar os sais dissolvidos da solução durante a dessalinização da água, enquanto que o substrato poroso tem a finalidade de oferecer resistência física à membrana, tornado assim inerte ao desenvolvimento do fluxo do permeado (fluxo de água potável). As membranas de acetato de celulose são do grupo de membranas assimétricas, muito utilizadas, mas com o avanço das pesquisas estão sendo substituídas pelas membranas de poliamida aromáticas, cujas vantagens são o baixo custo de produção e a resistência ao ataque por cloro. Suas desvantagens são as taxas de rejeição de sais em baixas concentrações e o baixo fluxo do permeado, o que requer elevadas pressões de operação (ALTAEE; ZARAGOZA, 2014).

Os elementos de membranas empregadas em escala industrial para dessalinização são do tipo espiral. No módulo espiral utiliza-se a membrana entre dois espaçadores; um serve como um canal coletor para o permeado, e o outro fornece espaço para escoar a solução de alimentação. As membranas conjuntamente com os espaçadores são enroladas em torno de um duto perfurado, para o qual o permeado escoar; o conjunto é selado externamente com resina epóxi. (PORTAL MARINHO, 2016).

De acordo com Lockheed Martin (2015) foi criado um novo filtro capaz de reduzir em 99 % o custo da dessalinização. A redução acontece pelo fato de que o novo material encontrado para ser utilizado, o perforene, é composto de grafeno e tem orifícios de praticamente um nanômetro de diâmetro. Estes orifícios acabam permitindo a passagem da água do mar, mas são tão pequenos que conseguem reter os íons de sal. As folhas de filtro de grafeno têm praticamente um átomo de espessura e dependem de menor quantidade de energia para que a água os atravesse. Além disso, o material é 500 vezes mais fino e mil vezes mais forte que o melhor filtro disponível, o que faz com que a energia exigida para o processo seja 100 vezes menor.

1.3.3.3 Rejeito de dessalinizadores

O processo utilizado para a dessalinização de água no Nordeste baseia-se na osmose inversa. Tal processo implica na geração de rejeito, uma água residuária do processo, com alta concentração iônica. O rendimento teórico é de 75 %, ou seja, cerca de 25 % da água bruta se transforma em rejeito salino. Esse rejeito extremamente rico em sais, conforme descrito na Tabela 1, é depositado em lagoas de decantação ou colocada ao ar livre, sem maiores preocupações, constituindo-se um verdadeiro desafio ambiental a ser solucionado, uma vez que contribui diretamente na geração de outros problemas, como o aumento da área salinizada e conseqüente infertilidade agrícola (ABAS, 2016).

Por outro lado, os equipamentos utilizados para a dessalinização têm vida útil reduzida e, sem a manutenção devida, acabam abandonados, fazendo com que os antigos problemas voltem a aparecer (MENEZES; CAMPOS; COSTA, 2012).

Oliveira (2016), pontua que nos países desenvolvidos os efluentes são lançados nos oceanos ou injetados em poços de grandes profundidades; todavia, outras alternativas estão sendo pesquisadas, como: bacias de evaporação; redução de volume do efluente por plantas aquáticas; bacias de percolação e irrigação de plantas halófitas.

Deste modo, o grande desafio da utilização do sistema de tratamento de água está na deposição ou reutilização da água de rejeito, de forma a evitar impactos negativos ao ambiente e às comunidades que se beneficiam desta tecnologia.

Logo, a melhor opção para se dispor o rejeito da dessalinização deve atender, dentre outros fatores, às disponibilidades locais (terra, compatibilidade das águas receptoras e distância), às disponibilidades regionais (geologia, leis estaduais, geografia e clima), ao volume de concentrado, aos custos envolvidos, à opinião pública e à permissibilidade (OLIVEIRA, 2016).

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos do rejeito utilizado no experimento

PARÂMETROS	VMP ¹	RESULTADOS
Cor aparente – uH ²	15	35
Turbidez – uT	5	6,65
Condutividade elétrica - μScm a 25°C	-	10.905,00
pH	6,0 a 9,5 ³	7,0
Sólidos totais dissolvidos - mgL	1000	8.134,00
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO ₃ - mgL	-	0,00
Alcalinidade de carbonatos em CaCO ₃ - mgL	-	0,00
Alcalinidade de bicarbonatos em CaCO ₃ - mgL	-	808,00
Alcalinidade total em CaCO ₃ - mgL	-	808,00
Dureza total em CaCO ₃ - mgL	500	1.603,28
Cálcio em Ca ⁺² - mgL	-	139,83
Magnésio em Mg ⁺² - mgL	-	304,00
Sódio em Na ⁺ - mgL	200	2.760,00
Potássio em K ⁺ - mgL	-	22,00
Cloreto em Cl ⁻ - mgL	250	4.002,40
Sulfato em SO ₄ ⁻² - mgL	250	177,01
RAS ⁴ (Relação de Adsorção de Sódio)	-	29,81
Cassificação para irrigação	-	C ₄ S ₄

¹VMP = Valores máximos permitidos para consumo humano (Portaria n.518 do Ministério da Saúde (2004); ² uH = Unidade HAZIN (MG Pt-CoL); ³ Intervalo recomendado pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21.ed., 2005; ⁴ De acordo com Daker (1984).

Fonte: Laboratório de Análise de Planta, Ração e Água - LAPRA do Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA (2019).

A exemplo das comunidades do semiárido onde têm sido implantadas as unidades de tratamento de água por dessalinização, o rejeito da dessalinização não está recebendo tratamento ou destinação adequada, sendo despejado diretamente no solo e, quando utilizado na irrigação de culturas, não há qualquer fundamentação técnico-científica para o seu uso, causando problemas de salinização nos solos. Os efeitos da salinidade sobre as plantas estão associados às dificuldades de absorção de água e toxicidade de íons específicos e, ainda, à

composição mineral das folhas com interferência nos processos fisiológicos (OLIVEIRA et al., 2017)

Conforme Taiz e Zeiger (2017), o grau osmótico que influencia o crescimento das plantas é dependente de muitos fatores: a espécie vegetal, o cultivar, o estágio fenológico, a composição salina do meio e as condições edafoclimáticas. Além disso, a tolerância das plantas à salinidade é influenciada por vários fatores, incluindo o estágio de crescimento para o tempo de exposição, duração da exposição, condição ambiental, tipo de substrato e sistema de produção. Estudos realizados sobre a tolerância de várias espécies à salinidade têm demonstrado que, mediante manejos adequados da água e das práticas de cultivo, pode-se produzir comercialmente com água salina (rejeito)

REFERÊNCIAS

ALTAEE, A.; ZARAGOZA, G. A. A conceptual desing of low fouling and high recovery FOMSF desalination plant. **Desalination**, v. 343, p.2-7, 2014.

ALVES, M. M. **Uso da semente de *Moringa oleifera* no tratamento físico-químico de água residuária de piscicultura**. Londrina. Universidade Tecnológica do Paraná. Repositório de Outras Coleções Abertas (ROCA) LD_ COEAM_2015_2_09 pdf. 2015.

ARANTES, C. C. et al. **Diferentes formas de aplicação da semente de *Moringa oleifera* no tratamento da água**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental (online). v. 19, n. 3, p.266-272, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ABAS. **Como aumentar a oferta de água no Brasil**. Campinas/SP. 2016.

BEAR, J.; CHENG, A. **Modeling ground water flow and contaminant transport**. Springer, New York, NY. USA. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 5 de 2017. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de qualidade da água para o consumo humano e seu padrão potabilidade**. Brasília: Ministério Saúde, 2017.

CARBAJAL, S. E. **Modelagem e simulação de ensaio laboratoriais de contaminação em rejeitos em condição não saturada**. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-285/17, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF. 2017.

CAVALCANTE, B. S. **Usos potenciais de *Moringa oleifera*: uma matriz para produção de biodiesel e tratamento de água no semiárido nordestino**. Dissertação (Mestrado). Texto disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/18222/1/BeatrizCS_DISSERTpdf e acessado em 10.02.2019.

COSTA, E.C.; BARBOSA, C.A.E.S.; GARCIA, H.L.; GARCIA, C.A.B. **Pó de sementes de *Moringa oleifera* como adsorvente de poluentes metálicos**. **Scientia Plena**, v.9, n.10, p.1 - 9, 2013.

FONTES, M. P.; SELIM, H. **Behavior of heavy metals in soils: Individual and multiple competitive adsorption**. CRC Press: Boca Raton, Florida. 2012.

FRANCO, M; SILVA, G. K; PATERNIANI, J. E. S. Water treatment by multistage filtration system with natural coagulant from *Moringa oleifera* seeds. **Engenharia Agrícola**, v.32, p.989-997, 2012.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO - FUNDAJ. **Água potável no semi-árido: escassez anunciada**. 2018. Texto disponível em: http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=736. Acesso em 17 mar. 2018.

HENDRAWATI, Y. I. R.; NURHASNI, R. E.; EFFENSI, H.; DRAUSMAN, K. K. **The use of *Moringa oleifera* seed powder as coagulant to improve the quality of wastewater and ground water.** 2016. Texto disponível em <iopscience.iop.org>. Acesso em 02 maio 2017.

JESUS, A. R.; MARQUES, N. S.; SALVI, E. J. N. R.; TUYUTY, P. L. M.; PEREIRA, S. A. **Cultivo da *Moringa oleifera*.** Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA. 2013.

LOCKHEED, M. Mission Systems and Training. **Perforene membrane: Addressing the growing demand for efficient, tailorable, cost-effective filtration solutions.** Washington, 2015.

MENEZES, J. S.; CAMPOS, V. P.; COSTA, T. A. C. **Desenvolvimento de dispositivo para dessalinização de água salobra a partir de semente de umbu (*Spondia tuberosa arruda câmara*).** 2012. Química Nova, n.35, v.2, p.379-385. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422012000200026> Acesso em: 14 janeiro 2019.

MORETI, L.O. R.; CAMACHO, F. P.; BONGIOVANI, M.C.; STROHER, A. P.; NISHI, L.; VIEIRA, A. M. S.; BERGAMASCO, R. Emprego das sementes de *Moringa oleifera* Lam, como coagulante alternativo ao policloreto de alumínio (PAC), no tratamento de água para fins potáveis. **Revista E-xacta**, Belo Horizonte: UniBH, v. 6, n.1, p. 153-164. 2013.

NOTÍCIAS NATURAIS. **“Árvore milagrosa” pode purificar e clarificar a água de modo barato e sustentável.** 2017. Texto disponível em: <www.noticiasnaturais.com/2015/02estudo-arvoremilagrosa-pode-purificar-e-clarificar-a-agua-de-modo-barato-e-sustentavel>. Acesso em: 01 de maio 2017.

OLIVEIRA, A. M. **Impactos físico-químicos da disposição de rejeito de dessalinizadores das águas de poços em solos do Oeste Potiguar.** Tese (Doutorado). Texto disponível em: <https://ppgmsa.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/59/2015/04/TESE-Andr%C3%A9-Moreira-de-Oliveira-PPGMSA.pdf> e acessado em 10.02.2019.

OLIVEIRA, A. M.; DIAS, N. S.; FREITAS, J. J. R. F.; MARTINS, D. F. F.; RABELO, L.N. **Avaliação físico-química das águas do processo de dessalinização de poços salobros e salinos em comunidades rurais do Oeste Potiguar.** Março, 2017.

OLSON, M. E.; FAHEY, J. W. *Moringa oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v.82, n.4, p.1071-1082, 2011.

PENA, R. F. A. **Mundo Educação: distribuição de água no mundo.** 2017. Texto disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/a-distribuicao-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

PEREIRA, E. R. et al. **Aplicação da *Moringa oleifera* como coagulante natural no tratamento de água de piscina.** Maringá/PR. 2014.

PLANETA ÁGUA. **Sementes de “Árvore milagrosa” e areia produzem água potável de baixo custo.** 2017. Disponível em: <<http://www.docol.com.br/planetaagua/h2o/sementes-de-arvore-milagrosa-e-areia-produzem-agua-potavel-de-baixo-custo/>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

PORTAL MARÍTIMO. **Osmose reversa:** Conheça este processo que purifica nossa água a bordo, 2016. Texto disponível em: <<http://www.portamaritimo.com/2016/10/21/osmose-reversa-conheca-este-processo-que-purifica-nossa-agua-a-bordo/>>. Acesso em 17 jan. 2018.

RODRIGUES, A.; BRENHA, H. **Dessalinização atenuou em Fernando de Noronha.** Folha de São Paulo, 07 set. 2014.

SANTOS, C. A. B.; NOGUEIRA, E. M. S.; MOURA, G. J. B.; ANDRADE, M. J. G. **Conservação dos recursos naturais.** Paulo Afonso: SABEH, 2016. 138 p. il. ISBN: 978-85-92861-84-11.

SIGNORELLI, M.R.M. **Dessalinização:** métodos e possibilidades. p.43-44 Niterói, fev. 2015.

SORIANI, M. **Eficiência da *Moringa oleifera* como coagulante natural em solução salina para água de abastecimento.** Londrina. Universidade Tecnológica do Paraná. Repositório de Outras Coleções Abertas (ROCA) LD_COEAM_2015_2_09.pdf. 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal.** 6 Editora Porto Alegre: Artmed, 2017.

TORRI, J. B. **Dessalinização da água salobra e/ou salgada:** métodos, custos e aplicações. Dissertação (Mestrado). Texto disponível em: <https://docplayer.com.br/15694920-Dessalinizacao-de-agua-salobra-e-ou-salgada-metodos-custos-e-aplicacoes.html> e acessado em 10.02.2019.

VELEGOL, S. B. ***Moringa oleifera* tree for producing drinkable water:** quantifying biochemical changes within the seeds. 2012. Texto disponível em: <https://www.researchgate.net/.../267310947_279710_Moringa_Ol>. Acesso em: 20 junho 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Guidelines for drinking:** water quality.4.ed.Genebra:2011.

CAPÍTULO II

Artigo enviado ao Asian Journal of Environment & Ecology

ISSN = 2456-690X

Application of *Moringa* in the Removal of Salts from the Desalinator Reject

A.J. Gomes Filho¹, S.C. de Paiva², G.M.C. Takaki², and A.S. Messias^{*2}

¹Graduate student in the Master in Development of Environmental Processes, Catholic University of Pernambuco, 50.050-900, Recife, Pernambuco, Brazil.

²Teacher at Catholic University of Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brazil.

**Corresponding author.* E-mail: arminda.saconi@unicap.br.

ABSTRACT

This study aims to analyze the reject produced by the desalinators implanted in the semi-arid Pernambuco in contact with the seeds of *Moringa oleifera* Lam. For this, *Moringa* seeds were collected and prepared with the following treatments: reject (control), reject with whole seed with and without husks, reject with crushed seed with and without husks, seed residue with and without husks, in five replicas. Each replica was constituted with doses equivalent to 2.0g of *Moringa* seeds for 200 mL of reject, with contact time corresponding to 30, 60, 120 and 180 minutes, in a completely randomized design, under laboratory conditions, total of 140 experimental units. The physical-chemical and statistical analyzes were performed through analysis of variance (ANOVA), using the F test, with a confidence interval of 95%. It has been found through laboratory tests that seeds with crushed or ground *Moringa* husks are equally effective at adsorbing sodium from 1.868,0 mg/L to 24,6 mg/L (98,7 %), calcium from 1,005.0 mg/L to 894.6 mg/L (11%), magnesium from 741.0 mg/L to 728.3 mg/L (1.7%) and chloride from 6.997.5 mg/L to 6.782.4 mg/L (1.8%).

Keywords: *Moringa*; desalinators; saline water; Pernambuco semi-arid.

1. INTRODUCTION

One of the major problems in the semi-arid Northeastern region is drought, a recurrent theme with no apparent solution, for the surface waters that form the main sources of drinking water on Earth are scarce, especially in the semi-arid region, causing water shortages in rural communities. Therefore, groundwater appears as a viable alternative to ensure that these communities have access to water. However, these water sources, in most cases, present restrictions of use for human, animal and agricultural consumption due to their high concentrations of mineral salts [1]. The treatment widely used to reduce the concentration of salts of these waters has been the desalination, by the process of reverse or contrary osmosis. However, it is necessary to consider the environmental risks inherent in this technique, because in the desalination process, besides drinking water, the wastewater (reject) is produced highly saline and with a high risk of environmental contamination. This reject has not received any treatment and thus is released into the soil, providing a high accumulation of salts in its superficial layers, which will give rise to serious environmental problems in the short and medium term for the populations that are favored by this technology [2].

Therefore, the need to use the ecologically correct and economically feasible way of the reject is imperative, since water flows and soil are almost always the main environments for their disposal. Salinity reduces the soil's water potential due to its specific toxic effects and correlated to this is the gradual loss of fertility and also the problems of soil permeability [3, 4].

The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant, due to its effectiveness in the adsorption of salts, is one of the sustainable alternatives that has been used in the northeastern region, especially in the semiarid region, where water scarcity represents the greatest difficulty for the population. The treatment with the crushed seed of this plant can be used *in situ*, and at low cost and without the use of electric energy [5].

Thus, several researches have proved that these seeds are biocoagulants, that is, they produce improvement in the physical-chemical properties of brackish or contaminated water, through the mechanism of adsorption and neutralization [6].

Therefore, the objective of this work was to evaluate the *Moringa oleifera* Lam. as adsorbent for the removal of salts present in the reject from desalinators from the semi-arid Pernambuco.

2. MATERIALS AND METHODS

The seeds of *Moringa oleifera* were collected and dried in an oven at 45°C for 24 hours. After temperature stabilization, they were prepared according to the following treatments: whole seeds with and without husks.

Then one part of the seeds was crushed, and the other part was ground (14 mesh), thus: whole seeds with husks (CCI), crushed seeds with husks (CCT) and ground seeds with husks (CCM); whole seeds without husks (SCI), crushed seeds without husks (SCT) and ground seeds without husks (SCM).

Subsequently, 200.0 mL of the desalinator's reject and 2.0 grams of freshly prepared seeds (treatments) were added to plastic containers with five replicas of each treatment. The tests had a duration of 30, 60, 120 and 180 minutes of contact between the reject and the seeds of *Moringa*. After the contact times, the resulting extracts were submitted to physical-chemical analysis, determining pH, electrical conductivity (EC), sodium, potassium, calcium, magnesium and chloride. pH was determined by pHmetry, electrical conductivity by conductometry, sodium (Na) and potassium (K) by flame emission spectrophotometry, chloride (Cl) by precipitation titrimetry and calcium (Ca) and magnesium (Mg) by complexation titrimetry.

For the statistical analysis of the data, Sigma Plot 11.0 software (Systat Software, 2008, USA) was used, with a significance level of 5% for all determinations. Before the ANOVA was performed, the normality of the data was tested through the Kolmogorov-Smirnov test and the homogeneity of variances by the Barlett test. ANOVA oneway (ANOVA unifatorial) was used for data that presented a normal distribution or homogeneity of variance. When the tests showed significant differences ($p < 0.05$), the means of the treatments were compared and, in relation to the control, by the Dunnett test. The Kruskal-Wallis test was used when the requirements for ANOVA were not achieved.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In the experiment it was possible to verify that the seeds of *Moringa oleifera* did not significantly alter the pH and alkalinity. It was observed that the contact time did not significantly modify the pH in the samples tested, but, specifically in the treatments with crushed or ground seeds, the pH reduction was verified, according to Figure 1.

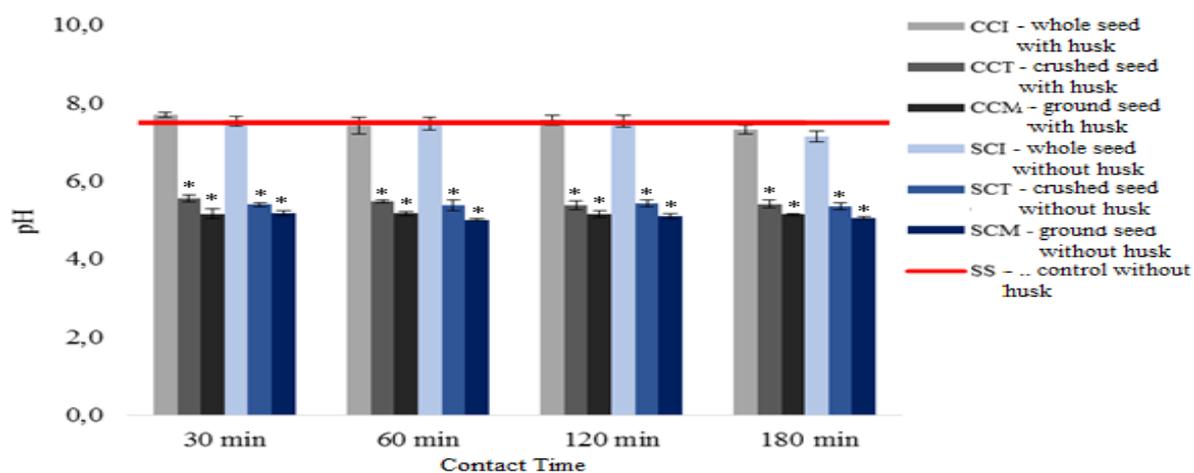


Figure 1. pH of the extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (* = significant difference).

Statistical analysis of pH was performed among all treatments of *Moringa* with and without husks (whole, crushed and ground), according to Table 1. In the variance between the groups and the residual (Table 2), the P-value was less than 5% and revealed that the difference between the groups (treatments) was significant. The Fisher Coefficient ($F = 518.093$) also showed that there is a significant difference between the groups (Table 2). In the comparison between the factors (Dunnett test) it was verified that the difference between the test and the crushed *Moringa* with husks (CCT) sample is relevant, the P-value is less than 5% (Table 3).

Table 1. pH kinetics of the extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (*Moringa* with and without husk)*.

Group Name	N	Absence	Mean	Standard Deviation	SEM
TEST	5	0	7,488	0,219	0,0981
CCI	5	0	7,688	0,0653	0,0292
CCT	5	0	5,554	0,0953	0,0426
CCM	5	0	5,156	0,132	0,0591
SCI	5	0	7,532	0,119	0,0531
SCT	5	0	5,388	0,0563	0,0252
SCM	5	0	5,17	0,0561	0,0251

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

Table 2. Analysis of pH variance (groups vs. residual).

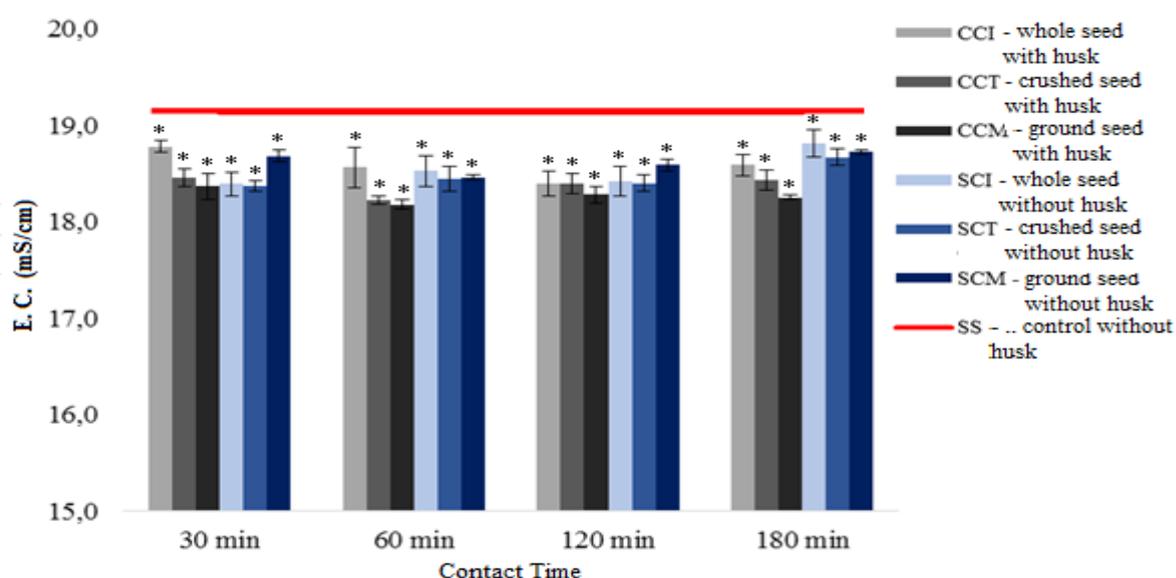
Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between groups	6	44,137	7,356	518,093	<0,001
Residual	28	0,398	0,0142		
Total	34	44,535			

Table 3. Kinetics of pH – Comparison control vs. samples (*Moringa* with and without husk)*.

Comparison	Difference of means	q'	P	P<0,050
TEST vs. CCM	2,332	30,944	--	Yes
TEST vs. SCM	2,318	30,758	--	Yes
TEST vs. SCT	2,1	27,866	--	Yes
TEST vs. CCT	1,934	25,663	--	Yes
TEST vs. CCI	0,2	2,654	--	No
TEST vs. SCI	0,044	0,584	--	No

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

In relation to the electrical conductivity (Figure 2), it was observed that all treatments reduced their values, but there were some oscillations, when the seeds were treated with and without peels, during the time of exposure.

**Figure 2. Electrical Conductivity (E.C.) of the extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (* = significant difference).**

Research carried out by [7] showed that the seeds of *Moringa oleifera* contain proteins with low molecular weight and that, when crushed, their powder dissolved in water acquires positive charges that attract negatively charged particles, which corroborates with the results found in the present study with both crushed and ground Moringa seeds (Figure 2).

According to [8], in a comparison of ground seeds of loofah, pumpkin, almond, *moringa*, Algaroba, Umbu, Umburana and Mulungu, it was seen that *Moringa* seeds increase the percentage of adsorption from 60 minutes contact with saline water.

The results obtained in this work were compared with the analyzes performed by [9], which used some parameters, which served as reference for this study, such as pH, Electrical Conductivity, Calcium and Magnesium. As shown in this analysis, these three parameters had good results, showing the efficiency of the Moringa extract in their removal/decrease.

The statistical analysis of the electrical conductivity was also performed (Table 4), where, in the variance between the groups and the residual (Table 5), the P-value was less than 5% and revealed that the difference between the groups (treatments) was significant. The Fisher Coefficient ($F = 26.889$) showed that there is a significant difference between the groups (Table 5). In the comparison between the factors (by the Dunnett test), the difference between the test and the crushed moringa with husks (CCT) sample is relevant, the P-value is lower than 5% (Table 6).

Table 4. Kinetics of the E.C. of the extracts in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (*Moringa* with and without husk)*.

Group Name	N	Absence	Mean	Standard Deviation	SEM
TEST	5	0	19,132	0,0589	0,0263
CCI	5	0	18,784	0,0773	0,0346
CCT	5	0	18,458	0,139	0,062
CCM	5	0	18,37	0,156	0,0699
SCI	5	0	18,394	0,162	0,0723
SCT	5	0	18,37	0,149	0,0667
SCM	5	0	18,686	0,0733	0,0328

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

Table 5. Analysis of the variance of E.C. (groups vs. residual).

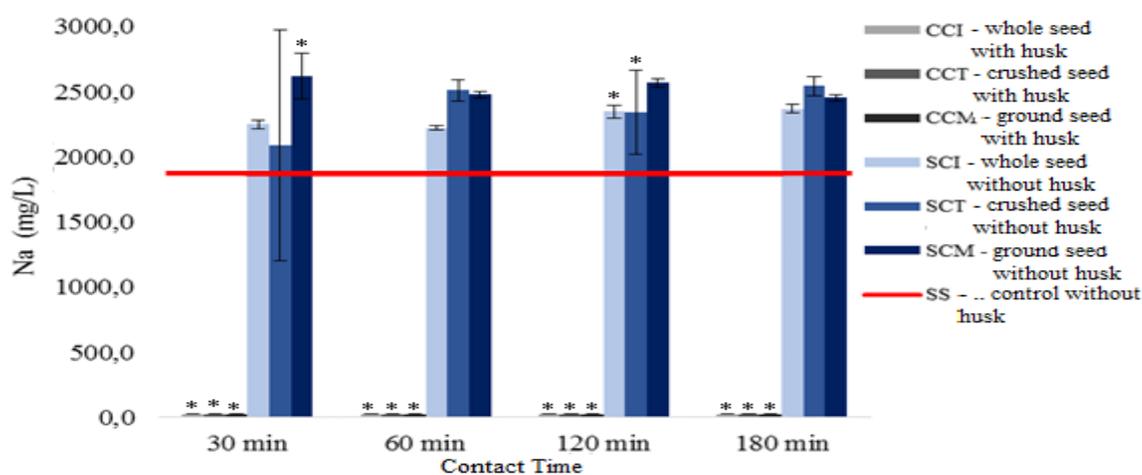
Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between groups	6	2,463	0,411	26,889	<0,001
Residual	28	0,428	0,0153		
Total	34	2,891			

Table 6. Kinetics of E.C. - Comparison control vs. samples (*Moringa* with and without husk)*.

Comparison	Difference of means	q'	P	P<0,050
TEST vs. CCM	0,762	9,75	--	Yes
TEST vs. SCT	0,762	9,75	--	Yes
TEST vs. SCI	0,738	9,443	--	Yes
TEST vs. CCT	0,674	8,624	--	Yes
TEST vs. SCM	0,446	5,707	--	Yes
TEST vs. CCI	0,348	4,453	--	Yes

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

In the present study it was observed that 30 minutes contact of the reject with the crushed or ground seeds of moringa with husks was sufficient to reduce the concentration of sodium in the collected extract. It should be noted that this effective reduction of sodium (Na) occurred in all treatments that used seeds with husks during the periods of exposure, unlike the treatments with seeds without husks, as shown in Figure 3.

**Figure 3. Sodium (Na) of the extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (* = significant difference)**

In relation to the sodium present in the reject, the adsorption of the ground seed of *M. oleifera* caused a significant reduction in the concentration of this element in the whole process when compared to the control (Figure 3). This fact was also proven by [8], who researched ten different types of biological materials, among them the *M. oleifera* seed and observed the existence of proteins that act as natural organic polymers that, in contact with the brackish water, increase the sodium adsorption, mainly in 60 minutes of contact.

In relation to potassium, it was verified that in all the treatments, when compared with the control (only reject), there was no effectiveness of the moringa adsorption, as shown in Figure 4.

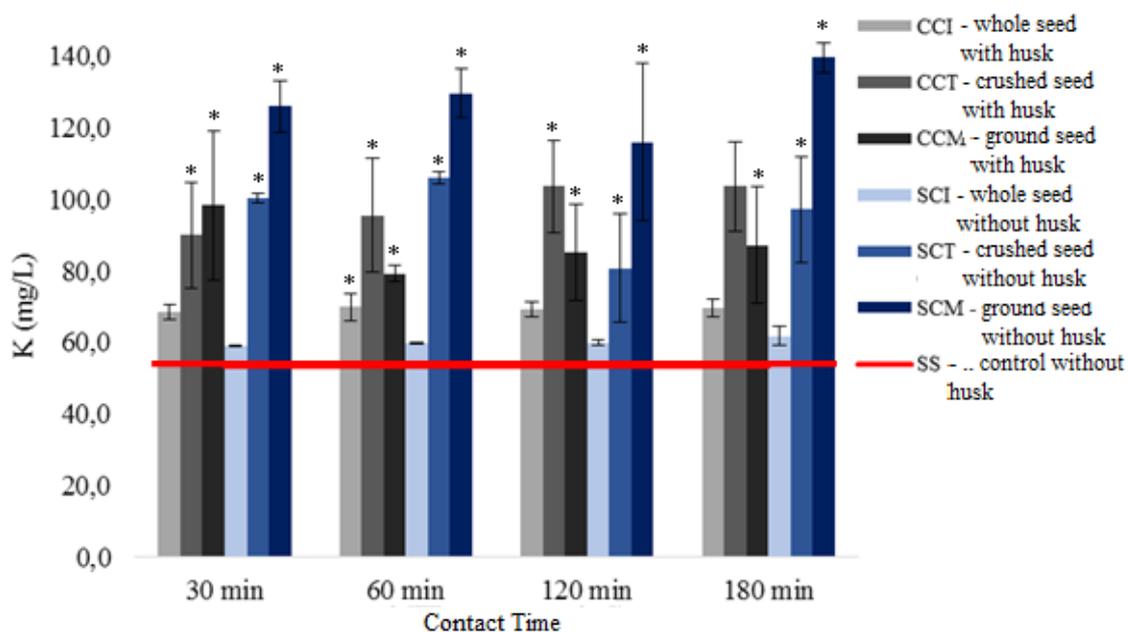


Figure 4. Potassium (K) of the extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (* = significant difference).

In relation to potassium (K), there was no reduction in its content in the reject, but an increase in its concentration. It can be verified that all the treatments presented values above the control (Figure 4). Therefore, it is concluded that the *M. oleifera* seed was unable to adsorb this chemical in the 180-minute period, corroborating the results obtained by [10], who also did not find evidence of potassium's harmful effect to the coagulation provided by the moringa seed extract. Regarding calcium, it was observed that the time had a positive influence on its adsorption. In the case of the contact of the reject with the whole Moringa seed with husk (CCI) there was greater adsorption with 60 minutes of contact. However, whole without husk (SCI), the highest adsorption occurred with 120 minutes of contact, as shown in Figure 5.

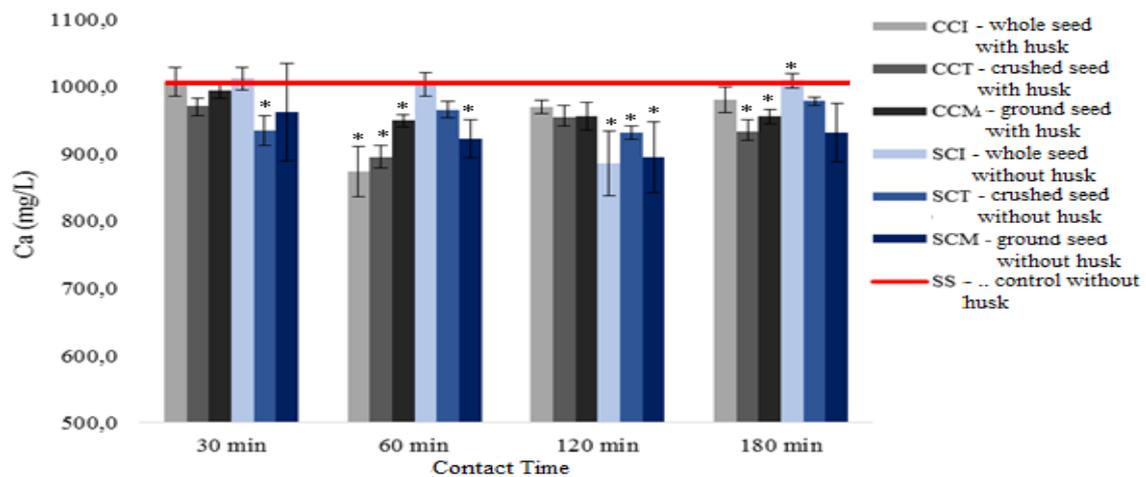


Figure 5. Calcium (Ca) of the extracts obtained with the residue in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (* = significant difference).

In the case of Calcium and Magnesium, the experiments carried out showed that there was a reduction in their contents when confronted with the control (Figures 4 and 5). These results confirm the study by [11], which proved that the moringa seeds interact with the organic material of the water, destroying the colloidal stability and facilitating its removal by sedimentation, as well as reducing the water hardness. The researcher verified that the moringa powder in contact with well water reduced the hardness in 24h.

Also, it was observed that the time determined a significant adsorption of magnesium in the crushed seeds with husks and the whole ones without husks with 30 minutes of contact, as well as in the whole seeds with husks with 120 minutes of contact, in relation to the control, as shown in Figure 6.

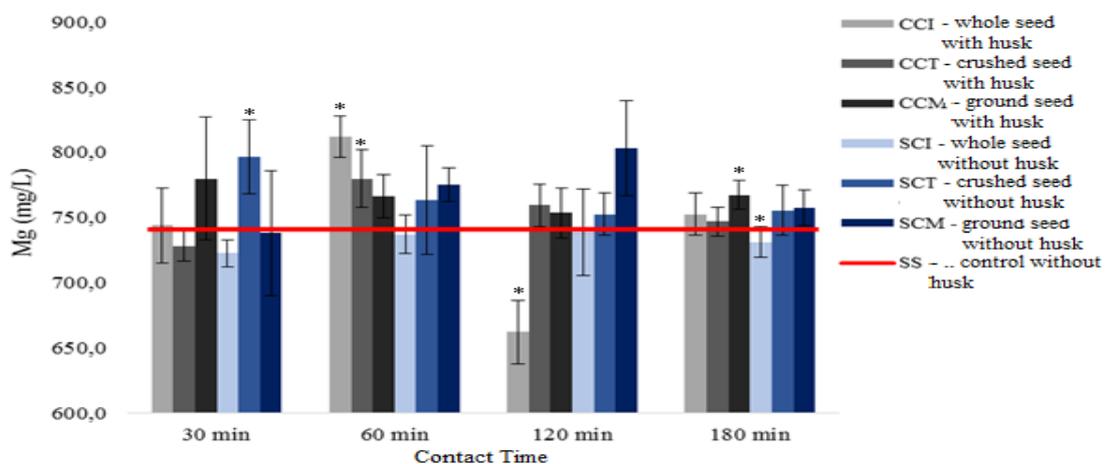


Figure 6. Magnesium (Mg) of the extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (* = significant difference).

The results obtained in this experiment between the *M. oleifera* seed and the chloride ion (Cl) were also the reduction in the concentration of this element in the reject, when compared to the control (Figure 6). This same phenomenon was observed in a survey carried out by [12] with open water wells in Kolhapur (India), which showed the reduction of chloride ions from 12 to 5 mg/L for water in contact with the Moringa seed. This occurred due to the chemical attraction of the cationic substance present in the seed with anionic ions of the chlorides present in the water.

Concerning the adsorption of chloride, it was verified that the ground or crushed seeds altered the level of adsorption, in relation to the time of exposure. The highest adsorption occurred in the treatment of the crushed seed without husk in 60 minutes of contact, shown in Figure 7.

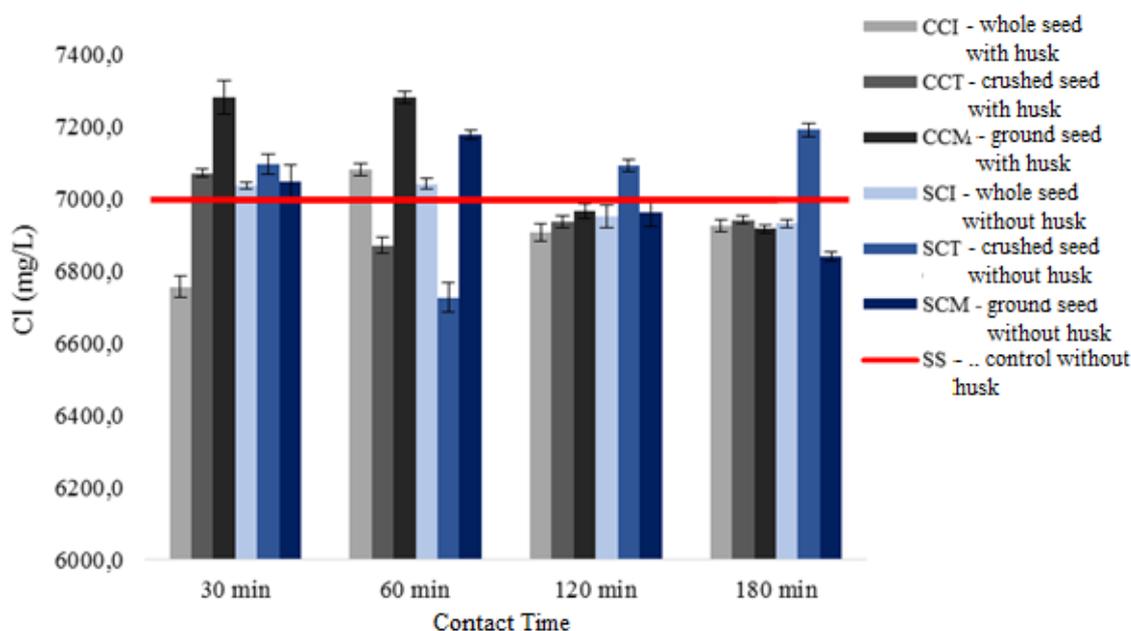


Figure 7. Chloride (Cl) of the extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (* = significant difference)

Statistical analysis was also carried out regarding the salts present in the reject in contact with the Moringa. In general, it was observed that there is significant difference between the groups, in the same way as in the Fisher's Coefficient (Tables 7 to 20).

Table 7. Kinetics of Sodium of the extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (*Moringa* with and without husk)*.

Group Name	N	Absence	Mean	Standard Deviation	SEM
TEST	5	0	1868	59,749	26,721
CCI	5	0	25,26	0,195	0,0872
CCT	5	0	26,54	0,305	0,136
CCM	5	0	26,4	0,316	0,141
SCI	5	0	2250	30,822	13,784
SCT	5	0	2090,8	888,523	397,36
SCM	5	0	2622	175,699	78,55

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

Table 8. Analysis of Sodium variances (groups vs. residual).

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between groups	6	42308402	7051400	59,84	<0,001
Residual	28	3299454	117837,6		
Total	34	45607856			

Table 9. Kinetics of Na – Comparison control vs. samples (*Moringa* with and without husk)*.

Comparison	Difference of means	q'	P	P<0,050
TEST vs. CCI	1842,74	8,488	--	Yes
TEST vs. CCM	1841,6	8,482	--	Yes
TEST vs. CCT	1841,46	8,482	--	Yes
TEST vs. SCM	754	3,473	--	Yes
TEST vs. SCI	382	1,76	--	No
TEST vs. SCT	222,8	1,026	--	No

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

Table 10. Kinetics of Potassium of the extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (*Moringa* with and without husk)*.

Group Name	N	Absence	Mean	Standard Deviation	SEM
TEST	5	0	53,4	1,317	0,589
CCI	5	0	68,42	2,027	0,906
CCT	5	0	90	14,765	6,603
CCM	5	0	98,4	20,804	9,304
SCI	5	0	59,04	0,329	0,147
SCT	5	0	100,3	1,245	0,557
SCM	5	0	126	7,071	3,162

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

Table 11. Analysis of variance of Potassium (groups vs. residual).

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between groups	6	20334,92	3389,153	33,494	<0,001
Residual	28	2833,2	101,186		
Total	34	23168,12			

Table 12. Kinetics of K – Comparison control vs. samples (*Moringa* with and without husk)*.

Comparison	Difference of means	q'	P	P<0,050
Test. vs. SCM	72,6	11,412	--	Yes
Test. vs. SCT	46,9	7,372	--	Yes
Test. vs. CCM	45	7,073	--	Yes
Test. vs. CCT	36,6	5,753	--	Yes
Test. vs. CCI	15,02	2,361	--	Yes
Test. vs. SCI	5,64	0,887	--	No

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

Table 13. Kinetics of Calcium from the extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (*Moringa* with and without bark)*.

Group name	N	Absence	Mean	Standard Deviation	SEM
TEST	5	0	1005,206	13,412	5,998
CCI	5	0	1006,81	21,658	9,686
CCT	5	0	971,54	10,452	4,674
CCM	5	0	993,984	11,337	5,07
SCI	5	0	1011,606	17,359	7,763
SCT	5	0	934,666	21,658	9,686
SCM	5	0	961,92	72,146	32,265

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

Table 14. Analysis of Calcium variance (groups vs. residual).

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between groups	6	24538,24	4089,707	4,172	0,004
Residual	28	27448,65	980,309		
Total	34	51986,9			

Table 15. Kinetics of Ca - Comparison control vs. samples (*Moringa* with and without barks)*.

Comparison	Difference of mean	q'	P	P<0,050
TEST vs. SCT	70,54	3,562	--	Yes
TEST vs. SCM	43,286	2,186	--	No
TEST vs. CCT	33,666	1,7	--	No
TEST vs. CCM	11,222	0,567	--	No
TEST vs. SCI	6,4	0,323	--	No
TEST vs. CCI	1,604	0,081	--	No

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

Table 16. Kinetics of Magnesium from the extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (*Moringa* with and without husk).

Group name	N	Absence	Mean	Standard Deviation	SEM
TEST	5	0	740,97	17,729	7,929
CCI	5	0	743,886	28,761	12,862
CCT	5	0	728,33	12,106	5,414
CCM	5	0	779,864	47,338	21,17
SCI	5	0	722,492	10,083	4,509
SCT	5	0	796,392	28,224	12,622
SCM	5	0	738,05	47,81	21,382

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

Table 17. Analysis of Magnesium variance (groups vs. residual).

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between groups	6	22660,4	3776,733	3,938	0,006
Residual	28	26852,36	959,013		
Total	34	49512,76			

Table 18. Kinetics of Mg - Comparison control vs. sample (*Moringa* with and without barks)*.

Comparison	Difference of mean	q'	P	P<0,050
TEST vs. SCT	55,422	2,83	--	Yes
TEST vs. CCM	38,894	1,986	--	No
TEST vs. SCI	18,478	0,943	--	No
TEST vs. CCT	12,64	0,645	--	No
TEST vs. SCM	2,92	0,149	--	No
TEST vs. CCI	2,916	0,149	--	No

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

Table 19. Kinetics of Chloride of extracts obtained with the reject in contact with the seeds of *Moringa oleifera* (*Moringa* with and without husk)*.

Group name	N	Absence	Mean	Standard Deviation	SEM
TEST.	5	0	6997,548	57,614	25,766
CCI	5	0	6757,29	155,289	69,447
CCT	5	0	7072,628	97,893	43,779
CCM	5	0	7282,856	405,486	181,339
SCI	5	0	7037,594	100,733	45,049
SCT	5	0	7097,658	285,68	127,76
SCM	5	0	7047,604	253,748	113,48

*Whole with husk (CCI) / crushed with husk (CCT) / ground with husk (CCM) / crushed without husk (SCT) / ground without husk (SCM) / whole without husk (SCI).

Table 20. Analysis of Chloride variance (Groups vs. residual).

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between groups	6	725669,9	120945	2,368	0,056
Residual	28	1430337	51083,46		
Total	34	2156007			

3. CONCLUSION

From the experiments carried out, it was possible to prove that the *Moringa oleifera* Lam. seed has significant potential in the treatment of the reject of desalinators.

The pH and electrical conductivity (EC) presented indices that demonstrate the efficiency of *Moringa* in the reduction of these values, highlighting the treatments without husk of 7.5 (control) to 5.2 dS/cm (30.6%) and ground with husk 19.1 to 18.2 dS/cm (4.7%) in 60 minutes of contact. Sodium Na⁺ (mg/L) obtained relevant indices in all the treatments with the seed with husk, from 1868.0 (control) to 24.7 mg/L, with reduction of (98.7%). In the treatments without husk, the opposite occurred, the indices were above the control. Calcium Ca⁺⁺ (mg/L) also showed satisfactory results in treatments with whole seeds with husk, which showed a reduction of 1005.2 (control) to 894.6 mg/L (11%), in 60 minutes of contact. Magnesium Mg⁺⁺ (mg/L) was not reduced in most treatments. Specifically, the 120-minute period was important for adsorption

of magnesium in the experiment with seeds with husks, which was reduced from 741.0 to 662.2 mg/L (10.6%), in comparison to the control. Chloride Cl^- (mg/L) had its indices reduced in some of the treatments. Among these, the crushed seeds with and without husks stood out in 60 minutes of contact, as they obtained adsorption levels in this period of 1.8% and 4.1%, respectively. The potassium K^+ (mg/L) was the only element that did not present satisfactory results in relation to the control, indicating that the use of *Moringa oleifera* Lam. in this parameter is not efficient. In view of the above, the highlight is the experiments that used crushed or ground seeds with husks, mainly due to their relevance in the adsorption of elements such as sodium, calcium, magnesium and chloride.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to the Coordination of Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the master's scholarship, to the Foundation for the Support of Science and Technology of the State of Pernambuco (FACEPE) for the research aid, to Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) for the physical space, to the Consortium Universitas for the research aid and to the Analytical Chemistry Laboratory of Catholic University of Pernambuco for the support in the experiments.

COMPETING INTERESTS

Authors have declared that no competing interests exist.

REFERENCES

1. SANTOS, AN, SILVA, EFF, SOARES, TM, DANTAS, RML, SILVA, MM. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. Revista Ciência Agronômica, 2011; 42, 319-326. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000200009>.
2. FERNANDES, FBP, ANDRADE, EM, FONTENELE, SB, MEIRELES, ACM, RIBEIRO, JA. Análise de agrupamento como suporte à gestão qualitativa da água subterrânea no semiárido cearense. Revista Agro@mbiente On-line, 2010; 4, 2, 86- 95.

3. CARILLO, P, MASTROLONARDO, G, NACCA, F, FUGG, A. Nitrate reductase in durum wheat seedlings as affected by nitrate nutrition and salinity. *Funcional Plant Biology*, 2005; 32, 3, 209-219.
4. SILVA, MG, AMORIM, SMC. Estresse salino em plantas de *Spondias tuberosa* Arruda (Câmara) colonizadas com fungos micorrízicos arbusculares. *Revista Caatinga*, Mossoró, 2009; 22, 2, 91-96.
5. OLIVEIRA, NT, NASCIMENTO, KP, GONÇALVES, BO, LIMA, FC, COSTA, ALN. Tratamento de água com moringa oleífera como coagulante/floculante natural. *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, 2018; 9, 1, 373-382. <https://doi.org/10.31072/rcf.v9i1.539>.
6. SORIANI, M. Eficiência da *Moringa oleifera* como coagulante natural em solução salina para água de abastecimento. Londrina. Universidade Tecnológica do Paraná. Repositório de Outras Coleções Aberta (ROCA) LD_COEAM_2015_2_09 pdf, 2015.
7. AMAGLOH, FK, BENANG, A. Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. *African Journal of Agriculture Research*, 2009; 4, 1, 119-123.
8. MENEZES, JS, CAMPOS, VP, COSTA, TAC. Desenvolvimento de dispositivo para dessalinização de água salobra a partir de semente de umbu (*Spondia tuberosa arruda câmara*). *Química Nova*, 2012; 35, 2, 379-385. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000200026> Acesso em: 14 janeiro 2019.
9. ALVES, MM. Uso da semente de *Moringa oleifera* no tratamento físico-químico de água residuária de piscicultura. 2015. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5325/1/LD_COEAM_2015_2_09.pdf e acessado em 10.02.2019.
10. MATOS, MP, RIBEIRO, ICA, BATISTA, APS, SILVA, EF. Efeitos da concentração de potássio na eficiência do extrato de *Moringa* como agente coagulador. *Revista Árvore*, 2013; 37, 1, 79-87.

11. CALDEIRA, NCA. Avaliação da *Moringa oleifera* Lam, para a remoção da dureza de águas. 2012. Disponível: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BUBD-A2CJJQ> e acessado em 10.02.2019.

12. MANGALE, SM, CHONDE, SG, RAUT, PD. Use of *Moringa oleifera* (drumstick) seed as natural absorbent and an antimicrobial agent for ground water treatment. *Research Journal of Recent Sciences*, 2012; 1, 3, 31-40.

CAPÍTULO III



23/05/2019 870190048419
15:09

29409161905047010

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT.

Número do Processo: BR 20 2019 010585 8

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: HILÁRIO JORGE BEZERRA DE LIMA FILHO

Tipo de Pessoa: Pessoa Física

CPF/CNPJ: 00202853454

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Pesquisador

Endereço: RUA OUREM, 175. EDIFÍCIO AMÉLIA, APT 101.

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 50761340

País: Brasil

Telefone:

Fax:

Email: hilariojorge2005@yahoo.com.br

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 23/05/2019 às 15:09, Petição 870190048419

Dados do Pedido

Natureza Patente: 20 - Modelo de Utilidade (MU): 54

Título da Invenção ou Modelo de **PROTÓTIPO AUTOMATIZADO PARA FILTRAÇÃO DE ÁGUA SALINA ORIUNDA DE DESSALINIZADORES**

Resumo: Este modelo de utilidade refere-se a um sistema (protótipo) projetado para o tratamento de água salina oriunda de dessalinizadores. O protótipo possui automação para medir e controlar as principais variáveis operacionais: pressão, temperatura, vazão, pH (potencial Hidrogeniônico) e condutividade. Um filtro foi desenvolvido com material de baixo custo para ser usado como pré e pós-tratamento do processo de dessalinização, possibilitando o seu empacotamento com a Moringa oleifera e o Carvão Ativado produzido com fibra de coco e bagaço de uva. A unidade proporciona aos usuários de dessalinizadores do semiárido pernambucano a possibilidade de aumentar a vida útil das membranas da osmose reversa, bem como minimizar a concentração de elementos químicos e microbiológicos da água e do rejeito, contribuindo para a qualidade de vida e do ambiente.

Figura a publicar: sim

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 23/05/2019 às 15:09, Petição 870190048419

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 6

Nome: ARMINDA SACONI MESSIAS

CPF: 70830592849

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Pesquisador

Endereço: Av. Conselheiro Aguiar, 2122. Apt. 1101, Boa Viagem

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 51111-010

País: BRASIL

Telefone: (81) 991 724099

Fax:

Email: arminda.saconi@unicap.br

Inventor 2 de 6

Nome: GALBA MARIA DE CAMPOS TAKAKI

CPF: 00250155400

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Pesquisador

Endereço: R. Jornalista Guerra de Holanda, 161. Apt. 201, Poço da Panela

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 52062-015

País: BRASIL

Telefone: (81) 991 724099

Fax:

Email: galba.takakai@unicap.br

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 23/05/2019 às 15:09, Petição 870190048419

Inventor 3 de 6

Nome: HILÁRIO JORGE BEZERRA DE LIMA FILHO

CPF: 00202853454

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Pesquisador

Endereço: Rua Ourem, 175. Apt 101, San Martin

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 50761-340

País: BRASIL

Telefone: (81) 985 042950

Fax:

Email: hilariojorge2005@yahoo.com.br

Inventor 4 de 6

Nome: SÉRGIO CARVALHO DE PAIVA

CPF: 14336251487

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Pesquisador

Endereço: Rua Sá e Souza, 668. Apt 102, Boa Viagem

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 51030-065

País: BRASIL

Telefone: (81) 999 613127

Fax:

Email: sergio.paiva@unicap.br

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 23/05/2019 às 15:09, Petição 870190048419

Inventor 5 de 6

Nome: SHEILA SANTIAGO AGUIAR LIMA

CPF: 03205055454

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Mestrando

Endereço: Rua nova descoberta, 1553. Casa Amarela

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 52090-003

País: BRASIL

Telefone: (81) 996 750134

Fax:

Email: sheila.alsan@hotmail.com

Inventor 6 de 6

Nome: ARMANDO JOSÉ GOMES FILHO

CPF: 19290560444

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Mestrando

Endereço: R. Professor Joaquim Xavier de Brito, 168 A Cordeiro

Cidade: Recife

Estado: PE

CEP: 50721-510

País: BRASIL

Telefone: (81) 995 119213

Fax:

Email: armandogomes935@gmail.com

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 23/05/2019 às 15:09, Petição 870190048419

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Resumo	Resumo.pdf
Relatório Descritivo	Relatorio Descritivo.pdf
Reivindicação	Reivindicações_modelo.pdf
Comprovante de pagamento de GRU 200	Comprovante GRU.pdf
Lista de inventores	Lista de inventores.pdf
Desenho	Desenho.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

-
- Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

-
- Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 23/05/2019 às 15:09, Petição 870190048419

Modelo de Utilidade: **“PROTÓTIPO AUTOMATIZADO PARA FILTRAÇÃO DE
ÁGUA SALINA ORIUNDA DE DESSALINIZADORES”**

RESUMO

Este modelo de utilidade refere-se a um sistema (protótipo) projetado para o tratamento de água salina oriunda de dessalinizadores. O protótipo possui automação para medir e controlar as principais variáveis operacionais: pressão, temperatura, vazão, pH (potencial Hidrogeniônico) e condutividade. Um filtro foi desenvolvido com material de baixo custo para ser usado como pré e pós-tratamento do processo de dessalinização, possibilitando o seu empacotamento com a Moringa oleifera e o Carvão Ativado produzido com fibra de coco e bagaço de uva. A unidade proporciona aos usuários de dessalinizadores do semiárido pernambucano a possibilidade de aumentar a vida útil das membranas da osmose reversa, bem como minimizar a concentração de elementos químicos e microbiológicos da água e do rejeito, contribuindo para a qualidade de vida e do ambiente.

**RELATÓRIO DESCRITIVO:
“PROTÓTIPO AUTOMATIZADO PARA FILTRAÇÃO DE ÁGUA SALINA
ORIUNDA DE DESSALINIZADORES”**

- [001] No Nordeste brasileiro o enfrentamento da escassez de água de qualidade está sendo realizado através da dessalinização de águas salobras, visando possibilitar condições de usos mais nobres. A dessalinização da água salobra ocorre através dos desalinizadores pelo processo de osmose reversa, que produz água doce e rejeito altamente concentrado em sais.
- [002] Com o intuito de solucionar e melhorar os pontos apresentados no item anterior, foram realizados o dimensionamento, a construção e a avaliação de protótipo automatizado para filtração de água salina com a Moringa oleífera e o Carvão ativado como adsorventes para remoção de sais presentes no rejeito oriundo de desalinizadores do semiárido pernambucano.
- [003] O presente modelo de utilidade trata-se de um protótipo automatizado e concebido sob uma estrutura metálica (alumínio estrutural). O protótipo possui: dois tanques com capacidade nominal de 125 litros, confeccionado em acrílico; uma bomba centrífuga com tensão trifásica (220/380 VAC); dois sensores de pressão com faixa de trabalho entre 0 e 5 bar; um medidor de vazão com faixa de trabalho entre 0 e 5 m³/h; dois manômetros de Bourdon com faixa de trabalho entre 0 e 5 bar; um quadro de comandos elétricos com placa de aquisição de dados; tubulações, conexões e válvulas de esfera em policloreto de vinil (PVC) com diâmetro nominal de 3/4 de polegada; filtro para empacotamento de Moringa oleífera e Carvão ativado oriundo de fibra de coco e bagaço de uva.
- [004] O protótipo permite realizar o tratamento de água salina variando a concentração, o tempo de contato (líquido-sólido) e a vazão do fluido. Diferentes condições operacionais são úteis para definir a quantidade de material adsorvente a ser utilizado no filtro de empacotamento, bem como o tempo de médio de saturação do mesmo.

- [005] O protótipo pode ser aplicado no pré-tratamento (antes da água entrar no desalinizadores) da água enviada para os desalinizadores, removendo partículas causam entupimento nas membranas. A composição do filtro também evita que os sais se depositem na membrana.
- [006] O protótipo pode ser aplicado no pós-tratamento (água dessalinizada ou água doce). Nesta etapa o sistema remove os resíduos de sais presentes na água oriunda de dessalinizadores. O mesmo tratamento também garante a qualidade microbiológica da água.
- [006] Visando facilitar a aplicação deste sistema em comunidades do semiárido nordestino, o filtro de empacotamento foi projetado visando a sua construção ou montagem a partir de conexões comerciais em PVC, facilitando a instalação e manutenção deste tipo de dispositivo.
- [007] A invenção poderá ser melhor compreendida através da seguinte descrição detalhada, em consonância com as figuras em anexo, onde:
- [008] A **Figura 1** representa a vista frontal do protótipo.
- [009] A **Figura 2** representa a vista direita (lateral) do protótipo e suas respectivas cotas (em milímetros).
- [010] A **Figura 3** representa a vista superior do equipamento e suas respectivas cotas (em milímetros).
- [011] A **Figura 4** representa a vista superior do filtro de empacotamento.
- [012] A **Figura 5** representa a vista isométrica do equipamento.
- [013] Com referências a estas figuras, pode-se observar na **Figura 1**, o quadro de quadro de comandos elétricos com placa de aquisição de dados (1); estrutura metálica de alumínio (2); tanques de acrílico com capacidade nominal de 125 litros (3); rodízio giratório de borracha (4); tubulações e conexões em policloreto de vinil (PVC) (5).

[014] Pode-se observar na **Figura 2** e na **Figura 3**, as válvulas de esfera em (PVC) (6), bomba centrífuga com tensão trifásica (7), medidor e transmissor de vazão (8), filtro de empacotamento de adsorvente (9), manômetro de Bourdon (10), sensor transmissor de pressão (11).

[015] Pode-se observar na **Figura 4**, o filtro para empacotamento de adsorvente (Moringa oleífera e Carvão ativado oriundo de fibra de coco e bagaço de uva). A estrutura física do filtro é composta por conexões de PVC, com diâmetro nominal de 3/4 de polegada: união (9.1), luva (9.2) e niple (9.3).

REIVINDICAÇÕES

1ª) “PROTÓTIPO AUTOMATIZADO PARA FILTRAÇÃO DE ÁGUA SALINA ORIUNDA DE DESSALINIZADORES”. **Caracterizada por** apresentar um protótipo de um sistema para tratamento águas salinas, concebido em escala reduzida a partir de materiais de baixo custo, utilizando componentes que permitem a otimização de filtros adsorventes em uma estrutura com controle automatizado das variáveis de processo (vazão, pressão, concentração e tempo de contato).

2ª) “PROTÓTIPO AUTOMATIZADO PARA FILTRAÇÃO DE ÁGUA SALINA ORIUNDA DE DESSALINIZADORES”. **Caracterizada por** ser constituída de um filtro confeccionado com material de baixo custo, a partir de conexões de PVC com dimensões comerciais de 3/4 de polegada, visando facilitar a aplicação deste sistema em comunidades do semiárido nordestino.

3ª) “PROTÓTIPO AUTOMATIZADO PARA FILTRAÇÃO DE ÁGUA SALINA ORIUNDA DE DESSALINIZADORES”. **Caracterizada por** utilizar biosorventes como a Moringa oleífera e o Carvão ativado, produzido a partir de resíduos alternativos (fibra de coco e bagaço de uva).

4ª) “PROTÓTIPO AUTOMATIZADO PARA FILTRAÇÃO DE ÁGUA SALINA ORIUNDA DE DESSALINIZADORES”. **Caracterizada por** proporcionar maior vida útil às membranas dos desalinizadores, minimizando os sais oriundos da água subterrânea (pré-tratamento).

5ª) “PROTÓTIPO AUTOMATIZADO PARA FILTRAÇÃO DE ÁGUA SALINA ORIUNDA DE DESSALINIZADORES”. **Caracterizada por** melhorar a qualidade físico-química e microbiológica da água doce oriunda do tratamento de dessalinização (pós-tratamento).

Itaú Uniclass

BANCO ITAU S/A

C/C 8890.02937-7 ARMINDA SACONI MESSIAS

RECIBO DE PAGTO DE TITULO DO BANCO 001
EFETUADO ATRAVES DO CAIXA ELETRONICO
CEI 62277 CTR 51829
CODIGO DE BARRAS
0019479200000007000000002340916190504701017

INSTITUICAO EMISSORA: BANCO DO BRASIL SA

BENEFICIARIO
NOME: INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUST
RAZO SOCIAL: INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL . INP
CNPJ/CPF: 42.521.088/0001-37

PAGADOR
NOME: HILARIO JORGE BEZERRA DE LIMA FILHO
CNPJ/CPF: 002.028.534-54

PAGADOR EFETIVO
NOME: ARMINDA MESSIAS
CNPJ/CPF: 708.305.928-49

DATA DE VENCIMENTO: 14/06/2019

VALOR DO DOCUMENTO R\$ 70,00
VALOR DOS ENCARGOS R\$ 0,00
VALOR DO DESCONTO R\$ 0,00

VALOR TOTAL PAGO R\$ 70,00

PAGAMENTO REALIZADO EM ESPECIE: NAO

DATA	HORA
16/05/2019	17:01

AUTENTICACAO
1A6DBCA321ED56C4F8EE64106E44E9B7E37B3BFF

EM EVENTUAL NECESSIDADE DE COMPROVACAO DE
PAGAMENTO, ANEXE ESTE RECIBO AO TITULO PAGO.

LISTA COMPLEMENTAR DE INVENTORES

Nome: Arminda Saconi Messias

Qualificação: Doutora em Engenharia Ambiental

CPF: 708.305.928-49

Endereço: Avenida Conselheiro Aguiar, 2122. Apt. 1101, Boa Viagem. Recife-PE. CEP: 51111-010

Telefone: 55 81 99172-4099

E-mail: arminda.saconi@unicap.br

Nome: Galba Maria de Campos Takaki

Qualificação: Doutora em Microbiologia e Imunologia

CPF: 002.501.554-00

Endereço: Rua Jornalista Guerra de Holanda, 161. Apt. 201, Poço da Panela. Recife-PE

CEP: 52062-015

Telefone: 55 81 8857-4447

E-mail: galba.takakai@unicap.br

Nome: Hilário Jorge Bezerra de Lima Filho

Qualificação: Doutor em Engenharia Química

CPF: 002.028.534-54

Endereço: Rua Ourem, 175. Apt 101, San Martin. Recife-PE. CEP: 50.761-340

Telefone: 81-3039 7645 / 81-98504 2950.

E-mail: hilariojorge2005@yahoo.com.br

Nome: Sérgio Carvalho de Paiva

Qualificação: Doutor em Engenharia Civil

CPF: 143.362.514-87

Endereço: Rua Sá e Souza, 668. Apt 102, Boa Viagem. Recife-PE CEP: 51030-065

Telefone: 81-999613127

E-mail: sergio.paiva@unicap.br

Nome: Sheila Santiago Aguiar Lima

Qualificação: Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais

CPF: 032.050.554-54

Endereço: Rua nova descoberta, 1553. Casa Amarela. Recife-PE. CEP: 52090-003

Telefone: 55 81 99675-0134

E-mail: sheila.alsan@hotmail.com

Nome: Armando José Gomes Filho

Qualificação: Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais

CPF: 192.905.604-44

Endereço: Rua Professor Joaquim Xavier de Brito, 168 A Cordeiro. Recife-PE. CEP: 50.721-510

Telefone: 55 81 9511-9213

E-mail: armandogomes935@gmail.com

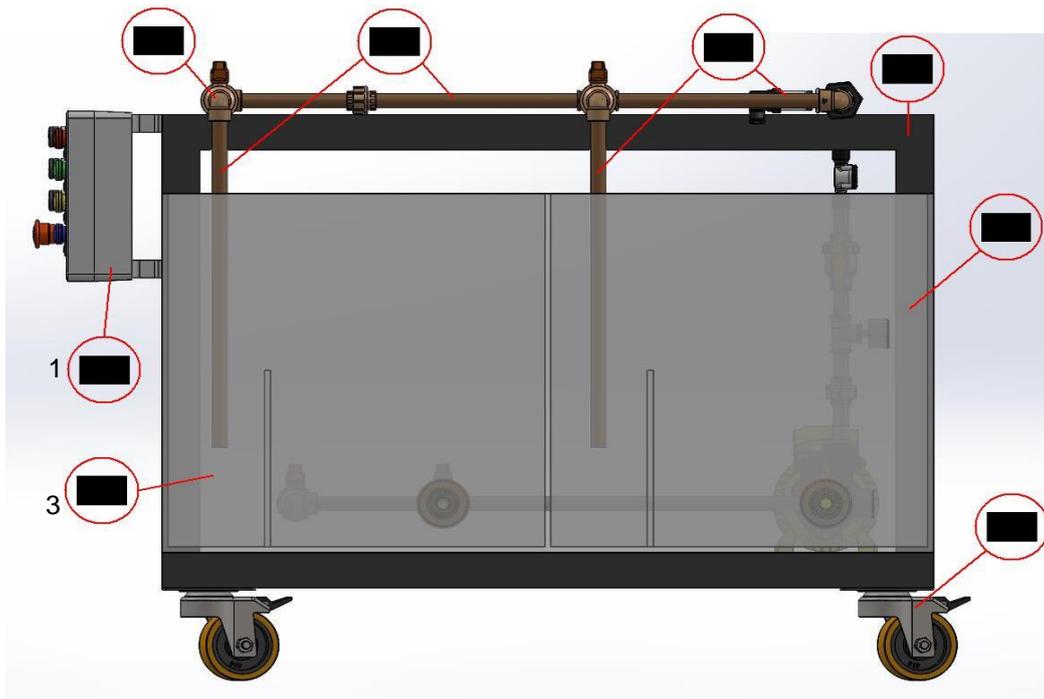


Figura 1 – Vista frontal do protótipo

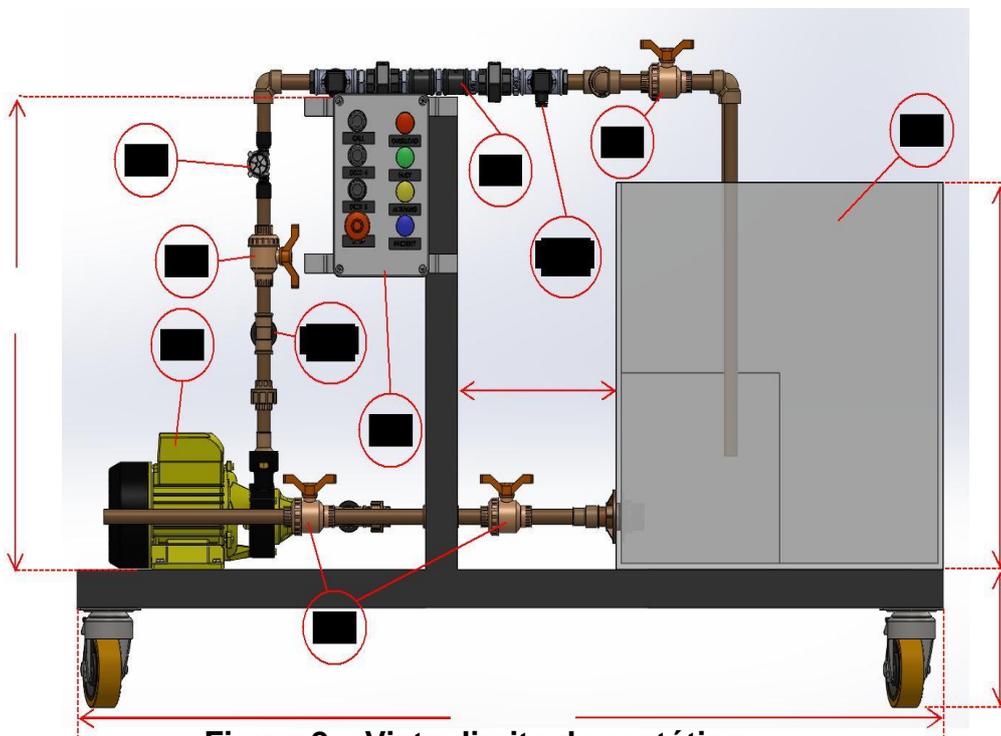


Figura 2 – Vista direita do protótipo

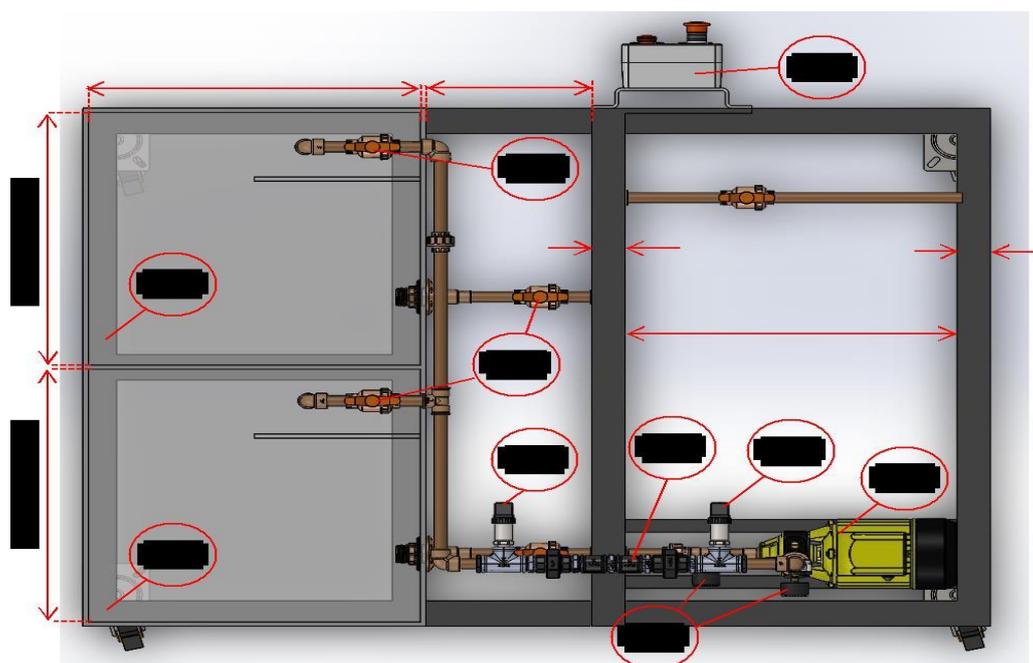


Figura 3 – Vista superior do protótipo

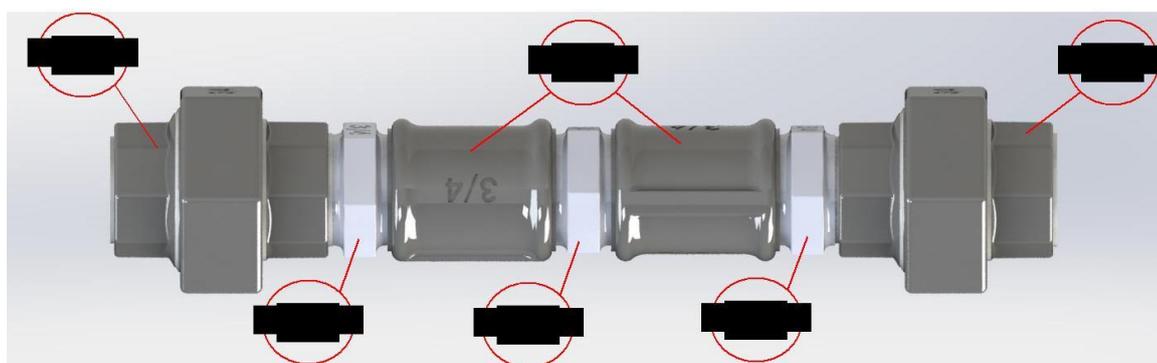


Figura 4 – Vista superior do filtro de empacotamento

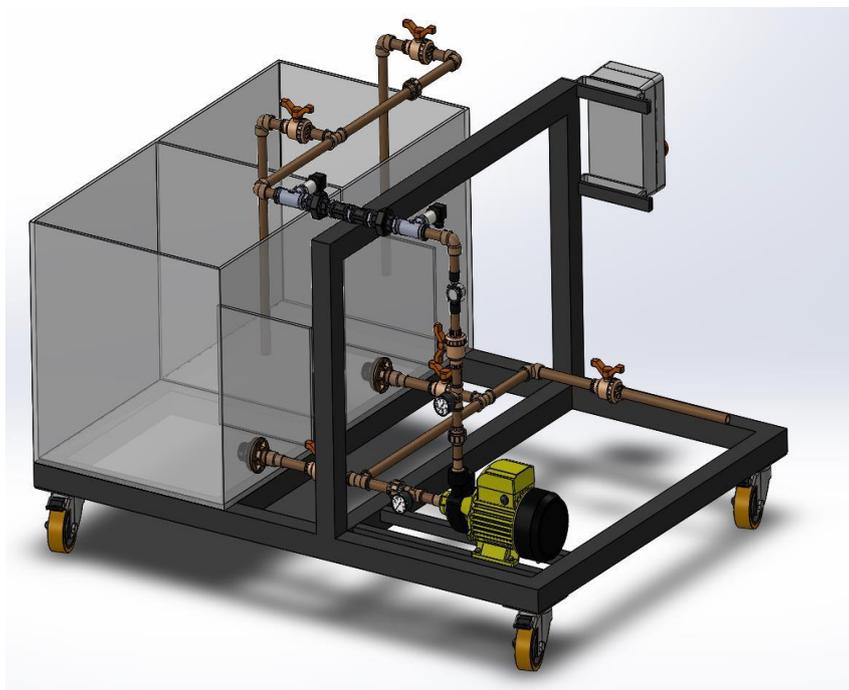


Figura 5 – Vista isométrica do protótipo

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo final tem como meta prioritária apresentar as conclusões e algumas considerações desse estudo, a partir dos objetivos propostos.

Os estudos realizados com a semente da *Moringa oleifera* Lam. demonstraram a capacidade de adsorção dos sais oriundos do rejeito de dessalinizador. A semente sem casca triturada favoreceu o contato do rejeito com a parte interna da semente, ampliando a capacidade de adsorção aos elementos químicos presentes no rejeito.

O planejamento e a produção de um protótipo de coluna de leito fixo, empacotado com as sementes da *Moringa oleifera* Lam. com cascas trituradas, mostrou-se eficiente. A fluidodinâmica da coluna e a realização de testes com o protótipo demonstrou que a amostra aos 5 minutos de contato, apresentou a melhor adsorção, com o maior percentual de redução de sais presente no rejeito.

O protótipo construído apresenta elevado potencial de implantação no dessalinizador no município de Riacho das Almas (piloto), considerando que o tempo de 5 minutos obtido em laboratório seja efetivo como pré ou pós-tratamento no processo de dessalinização da água salina no campo.

Os estudos realizados recomendam um experimento onde a parte microbiológica do rejeito seja controlada.